

EMERSON LUIZ BARANOSKI

**ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO EM ASSENTAMENTOS URBANOS
PRECÁRIOS – DIAGNÓSTICO DA REGIÃO DE OCUPAÇÃO DO GUARITUBA -
MUNICÍPIO DE PIRAQUARA-PARANÁ**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Construção Civil,
Programa de Pós-Graduação em Construção
Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristina de Araújo Lima
Co-Orientador: Prof^o. Dr. Antônio Maria Claret
Gouveia

CURITIBA – PARANÁ

2008

TERMO DE APROVAÇÃO

EMERSON LUIZ BARANOSKI

Análise do Risco de Incêndio em Assentamentos Urbanos Precários – Diagnóstico da Região de Ocupação do Guarituba - Município de Piraquara- Paraná

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof^a. Dr^a. Cristina de Araújo Lima - Orientador
Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Prof^o. Dr. Antonio Maria Claret Gouveia – Co-orientador
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Prof. Dr. Mauro Lacerda Santos Filho - Examinador
Universidade Federal do Paraná - UFPR

Curitiba, 24 de março de 2008.

DEDICATÓRIA

Os mais valiosos trabalhos exigem acima de tudo muita dedicação. Alguns deles nos levam ao esgotamento físico, outros, no entanto, nos conduzem ao limite de nossa capacidade intelectual. Confesso que durante todo o meu processo de formação profissional, já desenvolvi ambos os trabalhos e por vezes estive muito próximo destes limites. Entretanto, cabe ressaltar aqui, que nenhum deles até hoje havia me exigido, o que o presente trabalho exigiu. O cansaço físico e mental, as noites sem dormir, a restrição dos momentos de lazer e a irritação constante nas últimas semanas, são exigências inerentes a todos os mestrandos e já faziam parte do meu projeto de pesquisa. Todavia, algo a mais me foi cobrado, a privação dos momentos de intensa convivência ao lado dos meus filhos tornou-se nesses últimos meses a principal barreira que tive de transpor para alcançar mais este objetivo.

Assim sendo, de forma especial dedico o presente trabalho aos meus filhos Álvaro, Maurício e Guilherme, presentes portentosos de Deus, sem os quais nada mais teria sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que auxiliaram para que a presente pesquisa pudesse ser realizada e em especial:

À Prof. Dr^a Cristina de Araújo Lima e ao Prof. Dr^o Antônio Maria Claret de Gouvêia, pela orientação, dedicação e contribuição para a realização deste sonho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná – UFPR, em especial ao seu Coordenador Prof. Dr^o Ney Augusto Nascimento e a secretária do programa Ziza Nichele.

Aos Professores Doutores, Aloísio Leoni Schmid, Carlos Aurélio Nadal, Daniel Costa dos Santos, José Marques Filho, Mauro Lacerda Santos Filho e Sérgio Scheer pelos conhecimentos transmitidos;

Ao Coronel Jorge Luis Thais Martins, Comandante do Corpo de Bombeiros e ao Major Antonio Cesar do Prado, Chefe do Departamento de Engenharia do Corpo de Bombeiros, pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho;

À socióloga Raquel Sizanowski, diretora da divisão de regularização fundiária e habitação de interesse social da Prefeitura Municipal de Piraquara, pelo tempo e material dispensado em função da realização desta dissertação;

A assistente social Mariza Helena Lemons Francisco, chefe da divisão de pesquisa do departamento social da Companhia de Habitação do Paraná – COHAPAR, pela disponibilidade e fornecimento dos dados necessários;

À Senhora Maria Aparecida Leonel, presidente da associação de moradores do Jardim das Orquídeas, pela acolhida;

À Engenheira e Mestre Márcia Maria de Macedo pelos conselhos e ajuda oferecida;

Aos moradores do Jardim das Orquídeas que permitiram a entrada em suas residências para o levantamento de dados;

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização de mais esta etapa.

Ainda que eu tenha o dom de profetizar e conheça todos os mistérios e toda a ciência; ainda que eu tenha tamanha fé ao ponto de transportar montes, se não tiver Amor, nada serei.

1 CORÍNTIOS 13-2

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
 1 CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	 1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	3
1.2 OBJETIVO	3
1.3 HIPÓTESE	3
1.4 JUSTIFICATIVAS	4
1.4.1 Contribuição e Aspectos Tecnológicos	4
1.4.2 Contribuição e Aspectos Sociais	4
1.4.3 Contribuição e Aspectos Econômicos	5
1.4.4 Contribuição e Aspectos Ambientais	6
1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	7
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	8
 2 CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	 9
2.1 BREVE HISTÓRICO DO FOGO.....	9
2.2 COMBUSTÃO	10
2.2.1 Temperaturas Características	13
2.2.2 Fases da combustão	14
2.2.3 Transmissão de calor	14
2.2.4 Produtos da Combustão.....	17
2.3 O INCÊNDIO	18
2.3.1 Evolução de um incêndio	21
2.3.2 Propagação do fogo	26
2.3.3 Carga de incêndio	28
2.3.4 Grau de ventilação	32
2.3.5 Densidade e combustibilidade dos materiais	33
2.4 MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	36
2.4.1 Medidas sinalizadoras do incêndio.....	39
2.4.2 Medidas extintivas.....	39
2.4.3 Medidas de infra-estrutura.....	40
2.4.4 Medidas estruturais	40
2.4.5 Medidas políticas.....	41
2.5 COMPORTAMENTO HUMANO EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO.....	42
2.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO.....	44
2.6.1 Métodos qualitativos.....	45
2.6.2 Métodos quantitativos	46
2.6.3 Métodos descritivos.....	46

2.6.4	Árvores lógicas.....	47
2.6.5	Método de Gretener	47
2.6.6	Método FRAME.....	49
2.6.7	Método ERIC.....	50
2.6.8	Método de Análise Global de Risco de Incêndio.....	50
2.6.8.1.	Método de análise global de risco de incêndio – Sítios históricos.....	51
2.6.9	Risco global de incêndio (R).....	53
2.6.10	Risco de ativação (A)	54
2.6.11	Segurança (S)	54
2.6.11.1.	Parâmetros e fatores de risco de incêndio	55
2.6.11.1.1.	Densidade da carga de incêndio (f_1)	55
2.6.11.1.2.	Altura do compartimento (f_2).....	56
2.6.11.1.3.	Distância do Corpo de Bombeiros (f_3)	57
2.6.11.1.4.	Condições de acesso à edificação (f_4)	58
2.6.11.1.5.	Perigo de generalização (f_5).....	59
2.6.11.1.6.	Importância específica da edificação (f_6).....	60
2.6.11.2.	Parâmetros e fatores de risco de ativação	61
2.6.11.2.1.	Riscos decorrentes da atividade humana (A_1 e A_2).....	61
2.6.11.2.2.	Riscos decorrentes das instalações (A_3).....	63
2.6.11.2.3.	Riscos devidos a fenômenos naturais (A_4).....	63
2.6.11.3.	Medidas e fatores de segurança	64
2.6.11.3.1.	Medidas sinalizadoras do incêndio (S_1 , S_2 e S_3)	64
2.6.11.3.2.	Medidas extintivas (S_4 , S_5 , S_6 , S_7 , S_{8a} , S_{8b}).....	65
2.6.11.3.3.	Medidas de infra-estrutura (S_9 , S_{10} , S_{11})	65
2.6.11.3.4.	Medidas estruturais (S_{12} , S_{13} , S_{14} , S_{15}).....	66
2.6.11.3.5.	Medidas políticas (S_{16} , S_{17} , S_{18} , S_{19})	66
2.6.11.3.6.	Princípio da não exclusão e da exceção segura	67
2.7	REFERENCIAIS SOBRE CIDADES E MEIO URBANO	68
2.8	CONSIDERAÇÕES SOBRE ASSENTAMENTOS URBANOS	70
2.9	O RISCO DE INCÊNDIO EM ASSENTAMENTOS URBANOS PRECÁRIOS – ESTADO DA ARTE	72
2.10	O MUNICÍPIO DE PIRAQUARA E A REGIÃO DO GUARITUBA	76
2.10.1	O Guarituba.....	78

3 CAPÍTULO 3 - MÉTODO DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO82

3.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	82
3.2	SELEÇÃO DO MÉTODO.....	83
3.2.1	Pesquisa Bibliográfica	83
3.2.2	Experimento	84
3.2.3	Levantamento.....	84
3.2.4	Estudo de caso.....	85
3.3	ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO NA REGIÃO DO GUARITUBA NO MUNICÍPIO DE PIRAQUARA-PARANÁ.....	86
3.3.1	Definição da unidade-caso: Setor Jardim das Orquídeas	88
3.3.2	Elaboração do instrumento de coleta de dados	90
3.3.3	Pré-teste do instrumento de coleta de dados	92
3.3.4	Determinação do tamanho e seleção da amostra	92
3.3.5	Coleta de dados	96
3.3.6	Análise e interpretação dos dados	99

4	CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS	100
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	100
4.2	CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO	106
4.2.1	Densidade da carga de incêndio (f1)	107
4.2.2	Altura do compartimento (f2)	110
4.2.3	Distância da edificação ao Corpo de Bombeiros (f3)	112
4.2.4	Condições de acesso à edificação (f4)	114
4.2.5	Perigo de generalização (f5)	118
4.3	DETERMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO	121
4.4	DETERMINAÇÃO DO RISCO DE ATIVAÇÃO	123
4.5	DETERMINAÇÃO DO RISCO GLOBAL DE INCÊNDIO	129
4.6	DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA	131
4.7	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE SEGURANÇA	132
5	CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	136
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
7	APÊNDICES	146

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – DADOS ESTATÍSTICOS DE INCÊNDIOS RESIDENCIAIS OCORRIDOS NOS ESTADOS UNIDOS (2000 A 2004)	6
TABELA 2.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO QUANTO A CARGA DE INCÊNDIO.....	20
TABELA 2.2 – VALORES DO POTENCIAL ESPECÍFICO EM MJ/kg.....	30
TABELA 2.3 – VALORES DO COEFICIENTE “ μ ”	30
TABELA 2.4 – VALORES DO COEFICIENTE “ Ψ ”	31
TABELA 2.5 – PODER CALORÍFICO DOS EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS E MÓVEIS, POR UNIDADE	31
TABELA 2.6 – PODER CALORÍFICO DOS EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS E MÓVEIS, POR PESO	32
TABELA 2.7 – DENSIDADE DOS MATERIAIS.....	34
TABELA 2.8 – CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CONFORME VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE CHAMA E EMISSÃO DE FUMAÇA.....	36
TABELA 2.9 – DENSIDADE CARGA DE INCÊNDIO E FATORES DE RISCO	56
TABELA 2.10 – ALTURA DO COMPARTIMENTO E FATORES DE RISCO	57
TABELA 2.11 – DISTÂNCIA DO CORPO DE BOMBEIROS E FATORES DE RISCO	58
TABELA 2.12 – CONDIÇÕES DE ACESSO E FATORES DE RISCO.....	58
TABELA 2.13 – PERIGO DE GENERALIZAÇÃO E FATORES DE RISCO	59
TABELA 2.14 – IMPORTÂNCIA ESPECÍFICA DA EDIFICAÇÃO E FATORES DE RISCO.....	60
TABELA 2.15 – CARACTERIZAÇÃO DAS OCUPAÇÕES E FATORES DE RISCO DE ATIVAÇÃO	61
TABELA 2.16 – RISCOS DE ATIVAÇÃO DEVIDOS À NATUREZA DA OCUPAÇÃO E FATORES DE RISCO.....	62
TABELA 2.17 – RISCO DE ATIVAÇÃO DEVIDO A FALHA HUMANA E FATORES DE RISCO.....	62
TABELA 2.18 – QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DE GÁS E FATORES DE RISCO	63
TABELA 2.19 – RISCO DE ATIVAÇÃO POR DESCARGA ATMOSFÉRICA E FATORES DE RISCO.....	64
TABELA 2.20 – MEDIDAS SINALIZADORAS DO INCÊNDIO E FATORES DE SEGURANÇA	65
TABELA 2.21 – MEDIDAS EXTINTIVAS DO INCÊNDIO E FATORES DE SEGURANÇA	65
TABELA 2.22 – MEDIDAS DE INFRA-ESTRUTURA E FATORES DE SEGURANÇA	66
TABELA 2.23 – MEDIDAS ESTRUTURAIS E FATORES DE SEGURANÇA	66
TABELA 2.24 – MEDIDAS POLÍTICAS E FATORES DE SEGURANÇA.....	67
TABELA 3.1 – ITENS NECESSÁRIOS PARA A ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS	90
TABELA 4.1 – PARÂMETROS E FATORES DE RISCO	106
TABELA 4.2 – ALTURA DO COMPARTIMENTO E FATORES DE RISCO	112

TABELA 4.3 – DISTÂNCIA DO CORPO DE BOMBEIROS E FATORES DE RISCO	113
TABELA 4.4 – CONDIÇÕES DE ACESSO E FATORES DE RISCO.....	116
TABELA 4.5 – PERIGO DE GENERALIZAÇÃO E FATORES DE RISCO.....	119
TABELA 4.6 – PORCENTAGENS DE ÁREAS NÃO PROTEGIDAS	120
TABELA 4.7 – RISCO DE ATIVAÇÃO DEVIDO A FALHA HUMANA E FATORES DE RISCO.....	125
TABELA 4.8 – QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DE GÁS E FATORES DE RISCO	125
TABELA 7.1 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR AMARELO	147
TABELA 7.2 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR VERDE	148
TABELA 7.3 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR LARANJA.....	149
TABELA 7.4 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR VERMELHO.....	150
TABELA 7.5 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR AZUL	151
TABELA 7.6 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR ROXO.....	152
TABELA 7.7 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR MARROM	153
TABELA 7.8 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR ROSA	154
TABELA 7.9 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR AMARELO	155
TABELA 7.10 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR VERDE	156
TABELA 7.11 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA – SETOR LARANJA	157
TABELA 7.12 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR VERMELHO	158
TABELA 7.13 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR AZUL	159
TABELA 7.14 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR ROXO	160
TABELA 7.15 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR ROXO	161
TABELA 7.16 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR ROSA	162
TABELA 7.17 – EXEMPLO DE TABELA UTILIZADA PARA A TABULAÇÃO DOS DADOS LEVANTADOS	163
TABELA 7.18 – EXEMPLO DE TABELA UTILIZADA PARA O CÁLCULO DO RISCO GLOBAL DE INCÊNDIO.....	163

TABELA 7.19 – EXEMPLO DE CÁLCULO DA DENSIDADE DA CARGA DE INCÊNDIO – EDIFICAÇÃO DE MADEIRA	164
TABELA 7.20 – FORMULÁRIO UTILIZADO PARA O LEVANTAMENTO DE DADOS	165

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Triângulo do Fogo	11
Figura 2.2 – Tetraedro do fogo	11
Figura 2.3 – Transmissão de calor por condução	15
Figura 2.4 – Transmissão de calor por convecção	16
Figura 2.5 – Transmissão de calor por irradiação	16
Figura 2.6 – Evolução do incêndio	22
Figura 2.7 – Curva de desenvolvimento de um incêndio	23
Figura 2.8 – Fase anterior ao flashover	25
Figura 2.9 – Descrição do incêndio pelo modelo de duas camadas	26
Figura 2.10 – Localização do município de Piraquara na RMC	76
Figura 2.11 – Adensamento atual do Guarituba	81
Figura 3.1 – Reunião para definição da unidade-caso	89
Figura 3.2 – Localização do Setor Jardim das Orquídeas – Área do levantamento	89
Figura 3.3 – Mapa do Jardim das Orquídeas com a divisão dos setores para levantamento de campo	95
Figura 3.4 – Divisão dos setores para o levantamento de dados	96
Figura 3.5 – Treinamento com as equipes de apoio	97
Figura 3.6 – Treinamento com as equipes de apoio	98
Figura 3.7 – Equipe de apoio em trabalho de campo	98
Figura 3.8 – Equipe de apoio em trabalho de campo	99
Figura 4.1 – Precariedade de algumas edificações encontradas no levantamento	101
Figura 4.2 – Edificação de alvenaria localizada na Rua Hebert Trapp	101
Figura 4.3 – Edificação de madeira típica da região do Guarituba	102
Figura 4.4 – Edificação mista típica da região do Guarituba	103
Figura 4.5 – Edificação em alvenaria típica da região do Guarituba	104
Figura 4.6 – Acúmulo de material combustível observado em uma das edificações	108
Figura 4.7 – Acúmulo de material combustível em um dos cômodos da edificação	108
Figura 4.8 – Dificuldade de acesso de devido às instalações elétricas clandestinas	115
Figura 4.9 – Dificuldade de acesso devido à largura reduzida das vias	115
Figura 4.10 – Facilidade de propagação do incêndio entre edificações adjacentes	118
Figura 4.11 – Risco de ativação devido a precariedade das instalações elétricas	126
Figura 4.12 – Risco de ativação devido a precariedade das instalações elétricas	126
Figura 4.13 – Incêndio no forro de uma das edificações levantadas	127
Figura 4.14 – Conexão de fios condutores de eletricidade sem isolamento adequado	127
Figura 4.15 – Planta de risco de incêndio do Setor Jardim das Orquídeas	131

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Distribuição das edificações de acordo com o tipo de material de construção empregado	80
Gráfico 4.1 – Distribuição das edificações quanto ao material de construção empregado	104
Gráfico 4.2 – Frequência relativa das edificações por faixas de áreas	105
Gráfico 4.3 – Densidade média da carga de incêndio das edificações por setor	109
Gráfico 4.4 – Distância média das edificações à unidade do Corpo de Bombeiros	113
Gráfico 4.5 – Condições de acesso das viaturas e equipes do Corpo de Bombeiros por setor	117
Gráfico 4.6 – Condições de acesso das viaturas e equipes do Corpo de Bombeiros ao conjunto de edificações do Jardim das Orquídeas.....	117
Gráfico 4.7 – Exposição ao risco de incêndio cada setor avaliado.....	122
Gráfico 4.8 – Exposição ao risco de incêndio e parâmetros de risco	123
Gráfico 4.9 – Risco de ativação de incêndio por setor	128
Gráfico 4.10 – Risco global de incêndio médio por setor	130
Gráfico 4.11 – Coeficientes de segurança dos setores do Jardim das Orquídeas.....	133
Gráfico 4.12 – Coeficientes de segurança dos setores do Jardim das Orquídeas com a adoção das medidas de segurança e redução da exposição ao risco de incêndio.....	135

RESUMO

No Brasil, o nível de exigência de segurança contra incêndio em edificações de grande porte tem aumentado significativamente nas últimas décadas, porém observa-se que esta evolução, dada pelas normas e regulamentos de segurança, não atingiu as residências unifamiliares autônomas que continuam sujeitas a uma maior probabilidade de ocorrência de incêndio. Constata-se, entretanto, que esta probabilidade é ainda maior em habitações localizadas em assentamentos urbanos precários onde os fatores de risco de incêndio são potencializados, devido principalmente às características das edificações e do aglomerado urbano onde as mesmas estão inseridas.

Em vista do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi diagnosticar quais são os fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários e quais são as medidas de segurança contra incêndio possíveis de serem aplicadas nestes assentamentos. O cenário do estudo foi uma área de ocupação irregular, localizada na Região do Guarituba, no município de Piraquara, pertencente à Região Metropolitana de Curitiba no Estado do Paraná. O diagnóstico foi realizado através do método de análise global de risco de incêndio, anteriormente utilizado para a avaliação do risco de incêndio de edificações localizadas em sítios históricos, e que para o presente estudo, sofreu as devidas adaptações para a aplicação às características das habitações de assentamentos urbanos precários.

Ao final da pesquisa, constatou-se que a elevada densidade da carga de incêndio, o perigo de generalização devido à ausência de afastamentos mínimos entre as edificações e a ineficiente resistência ao fogo dos elementos de vedação dos compartimentos, aliados ainda a presença de instalações elétricas clandestinas e a utilização de velas em um número significativo de edificações, configuraram os fatores que potencializam o risco de incêndio na ocupação irregular da Região do Guarituba.

Quanto às medidas de segurança possíveis de serem aplicadas, constatou-se que a formação de brigada de incêndio equipada com aparelhos extintores, a implantação de reservatórios de água em pontos estratégicos e a elaboração de planta de risco e plano de intervenção são as únicas medidas atualmente viáveis de serem aplicadas.

Convém, no entanto salientar que mesmo com a implantação das medidas de segurança contra incêndio mencionadas, e a adoção das propostas para a redução da exposição ao risco de incêndio, o coeficiente de segurança do conjunto de edificações avaliadas ainda não atingiu o nível mínimo aceitável, estabelecido pelo método de análise proposto.

Palavras-chave: Análise global de risco de incêndio, Fatores de risco, Fatores de segurança, Riscos de ativação, Condições físicas e ambientais dos assentamentos urbanos precários.

ABSTRACT

In Brazil, the obligatory level of fire safety measures for large buildings has increased significantly over the last decades. However, it can be noted that such evolution imposed by safety norms and regulations has not affected stand-alone family housing, which is still largely subject to fire events mainly because of the characteristics of those constructions and the urban concentration where they stand.

Based on the above mentioned factors, this study proposes to identify aspects that are conducive to fire risk in precarious urban settlements and which of the fire fighting safety measures may be implemented for those dwellings. The area under study is an illegal occupation area in the Guarituba Region, located in the Municipality of Piraquara that is part of the Metropolitan Region of Curitiba in the State of Paraná. Diagnostic analysis was performed by the global fire risk assessment methodology previously employed to assess fire risk posed on buildings that stand on historical sites. Under this study, the methodology was streamlined to suit the characteristics of housing standing on precarious urban settlements.

Findings show that fire load density, overall hazards due to the lack of minimum distance between buildings, ineffective fire-resistant sealing materials between compartments combined with illegal electrical installations in place and the habit of lighting candles in a significant number of homes are factors that foster fire risk in the illegal occupation area in the Guarituba Region.

In terms of applicable safety measures, it was noted that creating a Fire Brigade equipped with fire extinguishers, implementing water reservoirs at strategic locations and designing the risk plan and intervention plan are the only feasible measures to be enforced at the moment.

However, it is worthy of mention that albeit implementing the abovementioned fire safety measures and adopting recommendations to reduce fire risk exposure, the safety coefficient of the group of buildings under assessment has not yet reached the minimum acceptable level set forth in the proposed assessment methodology.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, nas últimas décadas o nível de proteção contra incêndio das edificações tem aumentado significativamente, esse aumento pode ser atribuído ao desenvolvimento e aplicação das normas de segurança, que ganharam corpo principalmente após os grandes incêndios ocorridos nos edifícios Andraus em fevereiro de 1972 e Joelma em fevereiro de 1974, ambos registrados na cidade de São Paulo.

Devido à gravidade desses dois incidentes e ao elevado número de vítimas fatais por eles motivados, a sociedade civil organizada e o poder público da época sentiram a necessidade da criação de normas de segurança contra incêndio mais efetivas. O temor em relação à fragilidade dos edifícios de grande altura, frente a uma situação de sinistro, deu origem então às normas e regulamentos mais rígidos, principalmente em relação aos meios de abandono e aos sistemas de proteção contra incêndio a serem instalados nessas edificações. Atualmente, verifica-se que o nível de exigências de proteção contra incêndio contidas nessas normas são diretamente proporcionais ao porte, ao risco de incêndio e ao tipo de ocupação destas edificações.

Por outro lado, observa-se que as unidades residenciais autônomas não são contempladas por estas mesmas normas, embora, segundo o anuário de estatística do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná, no ano de 2006, os incêndios nestes tipos de edificações tenham respondido por 64,54% do número total de incêndios urbanos ocorridos em todo o estado. A consideração de proteção contra incêndio nessas edificações se dá de forma passiva, internamente através da resistência ao fogo oferecida pelos elementos de vedação e, externamente através do isolamento de risco proporcionado pelos afastamentos mínimos exigidos pelas legislações municipais, ou ainda pela existência de paredes sem aberturas comuns, quando executadas sobre a divisa de terreno. Desse modo, admite-se, em uma situação crítica, que o incêndio deva consumir tão somente o compartimento ou a unidade autônoma onde teve origem, não devendo se propagar para as edificações vizinhas.

Este fato, porém, não é observado em assentamentos urbanos precários, pois nestes locais as habitações, além de não contar com os afastamentos mínimos exigidos pelas normas municipais, possuem suas paredes de vedação geralmente executadas em material combustível, favorecendo a propagação do incêndio entre as edificações.

Soma-se, ainda, ao problema anteriormente citado, o fato de que essas habitações possuem uma grande quantidade de material combustível e um elevado fator de ativação de incêndio, principalmente em razão da precariedade de suas instalações elétricas e da falta de informação dos moradores sobre os requisitos mínimos de proteção contra o fogo, proporcionando um cenário favorável à ocorrência de incêndios de grandes proporções. Além disso, estes assentamentos por vezes estão instalados em locais de difícil acesso e relativamente afastados das unidades do Corpo de Bombeiros, dificultando, e até impedindo, a chegada do socorro ao local sinistrado.

Este grave quadro de risco a que estão submetidas às populações que residem nestes locais, não pode ser resolvido apenas com a criação de normas e regulamentos, ou com a adoção de algumas medidas preventivas. O problema é complexo e envolve um maior entendimento do perfil dos usuários e das características construtivas das edificações dos assentamentos urbanos precários.

Diante do exposto, surgiu como proposta deste trabalho de pesquisa, a realização de um estudo sobre a análise do risco de incêndio em um assentamento urbano precário. Este estudo permitiu identificar os fatores que potencializam o risco de incêndio na maior e mais complexa área de ocupação irregular da Região Metropolitana de Curitiba, o Guarituba, localizado no município de Piraquara, bem como, tornou possível identificar o conjunto de medidas de segurança possíveis de serem aplicadas, capazes de reduzir o risco de incêndio.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais são os fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários e quais são as medidas de segurança contra incêndio possíveis de serem aplicadas nestes assentamentos?

1.2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é diagnosticar os fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários e propor a adoção de um conjunto de medidas capazes de reduzir o risco de incêndio nesses assentamentos.

1.3 HIPÓTESE

Estabelece-se como hipótese desta pesquisa que o conjunto de edificações localizadas em assentamentos urbanos precários possuem características específicas que acabam potencializando o risco de incêndio. Dentre essas características podemos destacar, a elevada densidade da carga de incêndio, a precariedade das instalações elétricas, a ineficiente resistência ao fogo dos elementos de vedação dos compartimentos, a ausência de afastamentos mínimos que possibilitem o isolamento de risco, a falta de informação dos moradores sobre procedimentos de segurança contra incêndio e a dificuldade de acesso das guarnições do Corpo de Bombeiros para atendimento em caso de sinistro.

Argumenta-se, ainda, que, conhecendo os fatores de risco a que estas edificações estão submetidas, é possível determinar um conjunto de medidas capazes de reduzir o risco de incêndio nestes assentamentos.

1.4 JUSTIFICATIVAS

1.4.1 Contribuição e Aspectos Tecnológicos

Um dos principais fatores a ser considerado na análise global de risco de incêndio é a densidade da carga de combustíveis presentes num determinado compartimento. Esta medida corresponde à quantidade de energia que pode ser liberada durante um incêndio e está diretamente relacionada à extensão dos danos que podem ser gerados quando da ocorrência de um sinistro desta natureza (GOUVEIA, 2006).

Nesse sentido, Araújo (2004), constatou em seu trabalho sobre o risco global de incêndio em sítios históricos, que o valor médio da densidade da carga de incêndio encontrada para o conjunto de edificações do Bairro Antônio Dias, na cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais, superou em aproximadamente 13 vezes o valor máximo estipulado como referência pela norma NBR 14432:2000 para a densidade da carga de incêndio em edificações residenciais.

Desta forma, embora não se configure como foco principal desta pesquisa, este estudo permitirá estabelecer mais uma fonte de comparação entre os valores estipulados pela norma NBR 14432:2000 com os valores da densidade da carga de incêndio encontrados em edificações residenciais características de assentamentos urbanos precários.

1.4.2 Contribuição e Aspectos Sociais

Tradicionalmente as pesquisas na área da engenharia de incêndio visam à aplicação de novas técnicas de combate às chamas e o desenvolvimento de sistemas e equipamentos de proteção contra o fogo.

A esse respeito Yang *et al* (2005), afirmam que essas pesquisas têm por vezes se limitado ao estudo das causas e a forma de suprimir os incêndios, negligenciando o ambiente social em que as pessoas estão inseridas.

De acordo com Ono (2002), a efetividade das medidas de segurança contra incêndio durante o uso das edificações depende, essencialmente, da conscientização e do conhecimento dos responsáveis por essas edificações, assim como de seus usuários. Apesar disso, pouco se conhece do perfil desses importantes personagens, e de seu nível de conscientização quanto ao tema segurança contra incêndio.

Por outro lado, Garmatter (2002) observa que o impacto social em decorrência de um incêndio pode ser verificado pela perda de postos de trabalho em função do possível encerramento ou descontinuidade das atividades produtivas, comerciais ou de serviços de uma empresa atingida pelo fogo.

Desta forma, este trabalho de pesquisa não pretende limitar-se apenas na caracterização das edificações e quantificação dos riscos de incêndio, mas, sobretudo pretende propor alternativas de medidas de proteção contra incêndio que contemplem e incentivem a participação da comunidade, destacando a importância e responsabilidade de cada morador para a manutenção da segurança individual e da coletividade, reduzindo dessa maneira a severidade dos incêndios e seus conseqüentes danos sociais.

1.4.3 Contribuição e Aspectos Econômicos

Nos países desenvolvidos o custo relacionado à segurança contra incêndio, incluindo as perdas materiais, seguros, instalação de equipamentos, assistência médica e previdenciária, atinge anualmente um valor bastante significativo, cerca de 1 % do Produto Interno Bruto (ROMANI E YANAGIHARA, 1995).

A esse respeito, mais recentemente, Hall (2006), publicou um estudo constatando que nos Estados Unidos, no ano de 2004, o custo relacionado à segurança contra incêndio, foi estimado na faixa de 2% a 2,5% do Produto Interno Bruto daquele país.

A Tabela 1.1 a seguir apresenta os dados estatísticos da NFPA - *National Fire Protection Association*, sobre os prejuízos diretos causados por incêndios residenciais nos Estados Unidos no período de 2000 a 2004 (NFPA, 2005).

TABELA 1.1 – DADOS ESTATÍSTICOS DE INCÊNDIOS RESIDENCIAIS OCORRIDOS NOS ESTADOS UNIDOS (2000 A 2004)

Ano	Incêndios	Mortos	Feridos	Dano direto a propriedade
2000	379.500	3.445	17.400	\$5.675.000.000
2001	396.500	3.140	15.575	\$5.643.000.000
2002	401.000	2.695	14.050	\$6.055.000.000
2003	402.000	3.165	14.075	\$6.074.000.000
2004	410.500	3.225	14.175	\$5.948.000.000

Fonte: Adaptado da NFPA (2005)

Em nosso país, de acordo com uma pesquisa do Projeto Brasil Sem Chamas, o custo relacionado à proteção contra incêndio incluindo os valores referentes à manutenção dos Corpos de Bombeiros, os gastos com prêmios de seguros e os danos causados por incêndios em áreas edificadas, corresponde aproximadamente a 0,36% do Produto Interno Bruto. Segundo ainda essa mesma pesquisa, a estimativa do custo anual referente aos prejuízos causados por incêndios é de aproximadamente R\$1.100.000.000,00 (BRASIL, 2006).

Como se pode observar as perdas decorrentes de um incêndio são significativas e não englobam ainda os custos indiretos, tais como os custos com hospitais, com o sistema previdenciário e com a descontinuidade de atividades produtivas. Desse modo a implantação de medidas de proteção contra incêndio que vise à redução do risco e a conseqüente diminuição da freqüência deste tipo de ocorrência poderá contribuir para a redução dos prejuízos causados por esses sinistros.

1.4.4 Contribuição e Aspectos Ambientais

De acordo com Kohara (1999), a maior parcela dos riscos ambientais existentes em assentamentos urbanos precários está associado à pobreza e a conseqüente precariedade das habitações que compõem estes aglomerados urbanos. Segundo ainda o mesmo autor, estes riscos estão vinculados entre outros fatores, a irregularidade das instalações elétricas, a falta de saneamento básico, a

deficiente disposição e coleta de resíduos sólidos, a ausência de equipamentos de segurança e ainda a presença de insetos e roedores decorrentes da falta de higiene.

A ausência de intervenções voltadas para prevenção e gerenciamento do risco nestes assentamentos põe em evidência a falta de visibilidade dos perigos comuns existentes nestes tipos de habitações, obscurecendo as questões de saúde ambiental que esta população constantemente vivencia (MENDES et al., 2005).

Nesse sentido, a análise do risco global de incêndio em assentamentos urbanos precários permite detectar alguns dos riscos ambientais a que estas populações estão submetidas, propondo intervenções que visem, além da redução do risco de incêndio, a melhoria da qualidade de vida e também da saúde ambiental.

1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O presente trabalho não tem por objetivo esgotar todo o assunto abordado, mas, sim, oferecer referenciais a outros pesquisadores que eventualmente venham a realizar estudos sobre o tema exposto.

Inicialmente a pesquisa pretendia avaliar o risco global de incêndio em toda a Região do Guarituba, porém, em razão de limitações de tempo e de recursos humanos e materiais e, ainda, por motivos operacionais e de segurança, esta pesquisa limitou-se à análise de apenas um dos setores do Guarituba, denominado Jardim das Orquídeas.

A escolha deste setor foi efetuada através de uma análise preliminar dos dados cadastrais das edificações de todo o Guarituba, e foram obtidos junto a Prefeitura Municipal de Piraquara e a Companhia de Habitação do Paraná – COHAPAR. Estes dados revelaram que o setor Jardim das Orquídeas representa uma tendência da caracterização das edificações encontradas em toda a região do Guarituba.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste **Capítulo 1**, são apresentados os aspectos gerais que conduziram a presente pesquisa, incluindo a introdução, que traz uma visão geral sobre os riscos de incêndio em assentamentos urbanos precários, o problema de pesquisa, o objetivo, as hipóteses, as justificativas e as possíveis contribuições vinculadas à realização deste trabalho.

No **Capítulo 2**, são apresentados os referenciais teóricos sobre a ciência do fogo, as medidas de segurança contra incêndio, o comportamento humano em situação de incêndio, os métodos de avaliação de risco de incêndio e o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários. Cabe ressaltar aqui, que os referenciais sobre a ciência do fogo tem por objetivo complementar o entendimento sobre as medidas de segurança contra incêndio e os métodos de avaliação de risco. Neste Capítulo são apresentadas também algumas considerações sobre as cidades e o meio urbano, os assentamentos urbanos precários, o município de Piraquara e a Região do Guarituba.

No **Capítulo 3**, são apresentados o recorte espacial da área de estudo e o método de pesquisa utilizado, contendo a caracterização do problema, seleção do método, estratégia de pesquisa, protocolo de coleta de dados e a estratégia de análise.

No **Capítulo 4**, são apresentados os resultados e discussões da aplicação do método de análise global de risco de incêndio no levantamento realizado no setor Jardim das Orquídeas na Região do Guarituba.

No **Capítulo 5**, são apresentadas as conclusões, as considerações finais e as sugestões para os trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRICO DO FOGO

O fogo sempre se constituiu num elemento de grande significado para o homem. Durante muitos séculos foi considerado uma manifestação sobrenatural cuja ocorrência era atribuída aos deuses. Antes, porém, de ter sido descoberto o modo de produzi-lo e de controlá-lo, provocava verdadeiro temor no homem, algo supersticioso, pois seu surgimento só ocorria naturalmente, em consequência da erupção de um vulcão, da incidência de raios ou, ainda, pela combustão espontânea da vegetação submetida à radiação solar (GOMES, 1998).

Goren-Inbar et al. (2004) afirmam que os primeiros métodos de obtenção do fogo de forma intencional baseavam-se na produção de uma faísca por meio do atrito entre madeiras ou pedras. Em estágios posteriores do desenvolvimento humano a produção do fogo se dava através do atrito de peças de ferro. De acordo com pesquisas realizadas por esses autores, o fogo pode ter surgido na África, produzido pelo *Homo erectus*, há 1,8 milhão de anos.

Segundo Gomes (1998), inicialmente o homem utilizava o fogo como fonte de luz e calor. Posteriormente passou a utilizá-lo também no preparo de alimentos e como forma de proteção contra a aproximação de animais ferozes. A partir daí o fogo passou a receber cuidados especiais, sendo armazenado em crânios de animais na forma de fragmentos de brasa, para posterior utilização.

Nesta fase, em que viviam em cavernas, os riscos da utilização inadequada do uso do fogo não trazia maiores consequências às suas habitações. Porém, com a mudança da concepção da forma de habitação dos homens primitivos, que deixou as cavernas para viver em cabanas rústicas, formadas de galhos, troncos e folhas de árvores, fez com que surgisse o risco de incêndio (ARAÚJO, 2004).

A partir deste momento o homem percebeu que o fogo além dos benefícios como o aquecimento, a iluminação e o cozimento, trazia os riscos dos incêndios, surgindo então à necessidade de melhor conhecer e controlar este fenômeno. Apesar disso, o estudo do fenômeno da combustão relacionado à engenharia de

incêndio é recente, chegando ao estado atual da arte que a seguir será apresentada.

2.2 COMBUSTÃO

A combustão pode ser definida como uma reação química de oxidação exotérmica, que ocorre com a combinação de uma substância combustível com o oxigênio, em proporções suficientes, que, ativadas por uma fonte de ignição, resulta no desenvolvimento de energia luminosa e calor (SECCO, 1982).

Analogamente, a IT 02 - Instrução Técnica 02 do Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo estabelece que o fogo pode ser definido como um fenômeno físico-químico que se dá através de uma reação de oxidação com emissão de luz e calor.

Da mesma forma, Gouveia (2003) afirma que a combustão é uma reação química exotérmica que resulta na produção de chamas e calor, sendo os gases dióxido de carbono (CO^2), monóxido de carbono (CO) e as partículas sólidas de carbono (C), os produtos mais comuns desta reação química.

Segundo Friedman (2003), combustão é uma reação química exotérmica auto-sustentada, geralmente associada ao processo de oxidação de um combustível.

A esse respeito, Gomes (1998), afirma que do ponto de vista físico-químico, o incêndio é uma reação de combustão que uma vez iniciada, ocorre em cadeia de forma descontrolada, até que pelo menos uma das condições essenciais para que ele ocorra deixe de existir. Estas condições são claramente identificadas no “triângulo do fogo”, conforme apresentado na Figura 2.1.

De acordo, ainda, com Gomes (1998), a combustão é uma reação química que só ocorre quando presente um material combustível, uma fonte de calor e o oxigênio. Esses elementos, por sua vez, devem ser combinados de tal forma que se torne possível a concretização do triângulo do fogo.

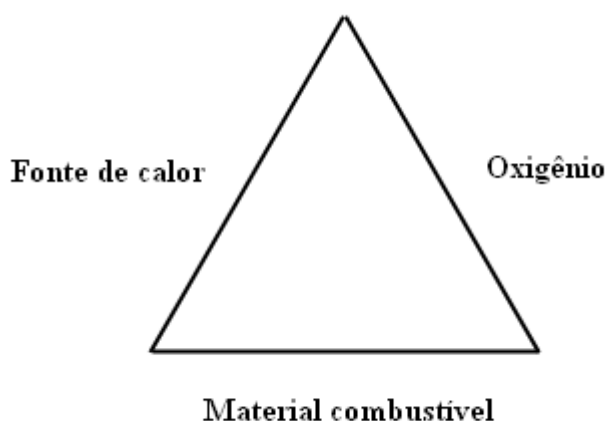


Figura 2.1 – Triângulo do Fogo

Porém, a reação química de combustão poderá não ocorrer em cadeia, se as temperaturas desenvolvidas forem inferiores ao ponto de ignição do material combustível. Desse modo, verifica-se que a existência de um incêndio depende dessas quatro condições que se representam no tetraedro da Figura 2.2 (SEITO, 1995).

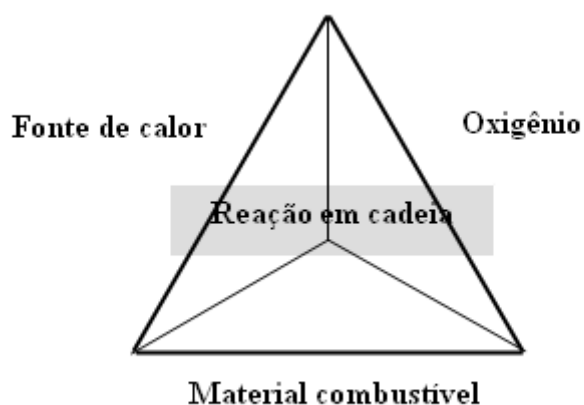


Figura 2.2 – Tetraedro do fogo

Portanto, como se pode observar, para que o fogo ocorra, há necessidade da combinação de alguns componentes em proporções adequadas, na presença de uma fonte suficiente de calor. A IT 02 – CB/PMESP apresenta os quatro componentes básicos necessários para que o fenômeno fogo ocorra:

- Combustível
- Comburente
- Calor
- Reação química em cadeia

Secco (1982) define combustível como sendo qualquer substância capaz de produzir calor por meio de uma reação química exotérmica, podendo ser encontrado no estado sólido, líquido ou gasoso.

Segundo Brentano (2007), os combustíveis podem ser classificados, sob o ponto de vista do processo da combustão da seguinte forma: combustíveis sólidos, combustíveis líquidos e combustíveis gasosos.

Os **combustíveis sólidos**, quando aquecidos a uma determinada temperatura, liberam gases ignicíveis que se misturam com o oxigênio do ar, gerando uma massa de gás inflamável. Essa massa em contato com uma pequena chama, fagulha ou com uma superfície aquecida entra em combustão. Os combustíveis sólidos queimam em superfície e profundidade.

Os **combustíveis líquidos** ao serem aquecidos vaporizam-se e em contato com o oxigênio formam mistura inflamável. Os combustíveis líquidos queimam somente em superfície.

Os **combustíveis gasosos** para entrar em combustão necessitam misturarem-se com o oxigênio do ar em uma concentração adequada. Os gases combustíveis entram em combustão mais facilmente, pois não passam pela fase de vaporização como os materiais combustíveis sólidos e líquidos.

Comburente é a substância que alimenta a reação química, sendo mais comum o oxigênio. O comburente ativa e conserva a combustão, combinando-se com os gases ou vapores do combustível, formando uma mistura inflamável. Em ambientes onde há uma melhor circulação de ar, portanto mais ricos em oxigênio, as chamas são intensificadas por ocasião de um incêndio (BRENTANO, 2004).

De acordo com a IT 02 – CB/PMESP, o comburente é o oxigênio do ar e sua composição percentual no ar seco é de 20,99 %, porém quando a concentração em volume de oxigênio cai para valores abaixo de 14 %, a maioria dos materiais

combustíveis existentes em um local de incêndio não mantém a chama na sua superfície.

Calor pode ser definido como uma forma de energia que se transfere de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura; é o elemento que dá início, mantém e incentiva a propagação do fogo. O calor pode ter como fonte a energia elétrica, o cigarro aceso, os queimadores a gás, a fricção ou mesmo a concentração da luz solar através de uma lente (SECCO, 1982).

Segundo Brentano (2004), a reação química em cadeia é a transferência de calor de uma molécula do material em combustão para a molécula vizinha, ainda intacta, que se aquece e entra também em combustão, assim sucessivamente, até que todo o material entre em combustão.

Da mesma forma, Araújo (2004) afirma que a combustão é uma reação que se processa em cadeia e que se mantém pelo calor produzido, propiciando a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente os radicais livres, que se combinam com outros elementos originando novos radicais, ou, finalmente corpos estáveis. Assim sendo, segundo, ainda, a mesma autora, em toda combustão haverá a presença de radicais livres, cabendo a estes a responsabilidade de transferir a energia necessária à transformação de energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas, resultando na propagação do fogo numa cadeia de reações.

2.2.1 Temperaturas Características

O processo de combustão apresenta três pontos de temperaturas bem características, conforme apresentado a seguir:

- **Ponto de Fulgor:** é a temperatura que é mínima na qual os corpos combustíveis começam a emitir vapores em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável que entra em ignição em contato com uma fonte externa de calor, entretanto a chama não se mantém devido à insuficiência da quantidade de vapores inflamáveis.

- **Ponto de Combustão:** é a temperatura mínima na qual um combustível deve ser aquecido para que os gases resultantes da sua decomposição, na presença de uma chama piloto, iniciem e sustentem a combustão, retirada a fonte inicial de calor.
- **Ponto de Ignição:** é a temperatura mínima na qual um material combustível inicia a reação de combustão espontaneamente e a mantém sem a aplicação de uma chama piloto externa.

2.2.2 Fases da combustão

Gomes (1998), em seu estudo, explica o fenômeno da combustão, dividindo-o em duas fases. Na primeira fase acontece a liberação lenta de alguns gases, incluindo o vapor d'água. Nesse instante, acontece o fenômeno do amarelecimento da superfície e, logo após esses gases tornam-se ignicíveis atingindo o ponto de fulgor, um pouco abaixo da temperatura do ponto de ignição. Com o aumento crescente da temperatura acontece a reação secundária em série, onde o calor gerado pela chama, completa a combustão dos gases da destilação de vapor. Nessa etapa, a quantidade de calor desprendida caracteriza o poder calorífico, ou seja, é a quantidade de calor liberada na combustão por unidade de massa de um determinado material ou substância que está sendo queimado. Na segunda fase, se o balanço da reação for positivo, ou seja, se a quantidade de calor aproveitada for maior que a quantidade de calor perdida (seja por condução, convecção ou radiação), o fogo se desenvolve; caso contrário se extingue.

2.2.3 Transmissão de calor

De acordo com Gouveia (2003), transmissão de calor é a denominação dada à passagem da energia térmica (que durante a transferência recebe o nome de calor) de um corpo para outro. Essa transmissão pode se processar de três maneiras diferentes: **condução, convecção e irradiação.**

a) Condução: É o processo de transmissão de calor em que a energia térmica passa de um local para outro através das partículas do meio que os separa. Na condução, a passagem da energia de uma região para outra se faz da seguinte maneira: na região mais quente, as partículas têm mais energia, vibrando com mais intensidade; com esta vibração cada partícula transmite energia para a partícula vizinha, que passa a vibrar mais intensamente; esta transmite energia para a seguinte e assim sucessivamente (Figura 2.3).

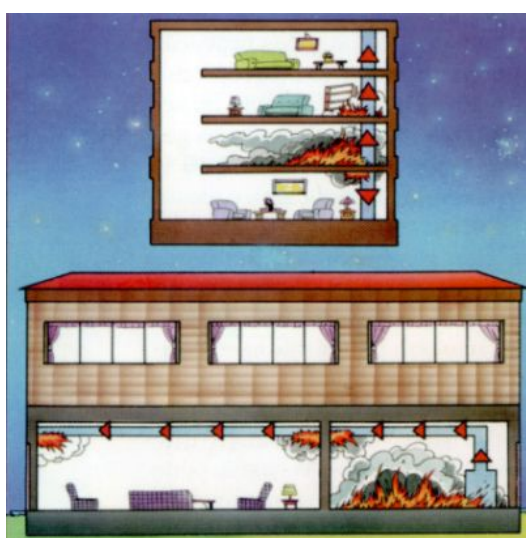


Figura 2.3 – Transmissão de calor por condução
Fonte: Manual de Combate a incêndio do Corpo de Bombeiros do Paraná

b) Convecção: É a transmissão de calor através do movimento de massas de fluido, trocando de posição entre si. Não tem significado falar em convecção no vácuo ou em um sólido, isto é, convecção só ocorre nos fluidos. A convecção natural ocorre quando o fluxo é provocado por diferença de densidade entre as partes do fluido e a convecção forçada quando são utilizados equipamentos mecânicos como ventiladores ou bombas (Figura 2.4).

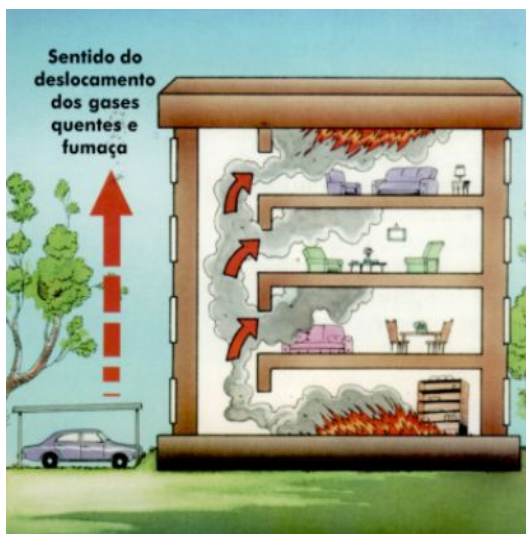


Figura 2.4 – Transmissão de calor por convecção

Fonte: Manual de Combate a incêndio do Corpo de Bombeiros do Paraná

c) Radiação: É o processo de transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas (ondas de calor). A energia emitida por um corpo (energia radiante) se propaga até o outro, através do espaço que os separa. Todo corpo que esteja acima do zero absoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) emite calor sob a forma de radiação (Figura 2.5).



Figura 2.5 – Transmissão de calor por irradiação

Fonte: Apostila de Combate a incêndio do Corpo de Bombeiros do Paraná

2.2.4 Produtos da Combustão

Os corpos combustíveis, durante a sua queima, liberam alguns produtos que merecem atenção por parte daqueles que tentam extinguir as suas chamas e também por peritos na avaliação de incêndios. Dentre esses produtos destacam-se: a fumaça, as cinzas, o carvão e o vapor d'água.

A fumaça é a maior responsável pelo pânico nos incêndios, pois prejudica a visibilidade e dificulta a respiração, além de atacar o trato gastrointestinal e provocar vômitos. Ela é composta por partículas sólidas em suspensão (carbono), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e outros gases, que variam de acordo com a natureza do combustível.

Quando ocorre uma combustão completa, são geradas as cinzas as quais não oferecem risco ao homem, nem interferem na combustão. Já o carvão é o resíduo da combustão incompleta e merece atenção especial, porque pode estar camuflando a brasa no seu núcleo e propiciar o retorno do fogo.

Num incêndio, à medida que o fogo é extinto, aparece uma nuvem de fumaça branca que sinaliza a extinção das chamas. Essa fumaça branca é formada pelo vapor d'água produzido pela umidade existente no corpo combustível e pela água usada como agente extintor. Apesar de representar o fim do incêndio, deve-se tomar cuidado com a fumaça branca, pois o vapor d'água aquecido pode prejudicar as vias respiratórias (disponível em <http://www.cbmerj.rj.gov.br>, acessado em 23/10/05).

Neste tópico, foram abordados os principais conceitos da reação de combustão, apresentando os seus elementos essenciais, suas fases, suas temperaturas características, seus produtos e as formas de transmissão de calor. Foram inseridos, ainda, os conceitos do triângulo e do tetraedro do fogo, com o objetivo de formar uma base teórica para o melhor entendimento do fenômeno do incêndio que será apresentado a seguir.

2.3 O INCÊNDIO

Incêndio é toda e qualquer destruição ocasionada pelo fogo, que se processa fora do desejo e do controle humano, com prejuízos consideráveis e não previstos, e é classificado observando-se o grau de periculosidade apresentado (SECCO, 1982).

A esse respeito, Araújo (2004), afirma que o incêndio pode ser considerado como um fogo indesejável, qualquer que seja a sua dimensão ou área de atuação. Segundo ainda a mesma autora, o incêndio se constitui sempre como uma das principais causas de danos a vida e ao patrimônio; esses danos podem ser localizados ou generalizados em toda a edificação.

Segundo Brentano (2004), há duas formas de classificação dos incêndios: pela natureza e pela quantidade de materiais combustíveis existentes em uma determinada área. A classificação quanto à natureza dos materiais é dada a seguir:

- **Incêndios de Classe A:** são os incêndios em materiais combustíveis comuns ordinários, como madeiras, papéis, tecidos, etc. Esses materiais queimam em superfície e profundidade, e em razão de seu volume, deixam resíduos após a combustão, como brasas e cinzas. A extinção se dá por resfriamento, principalmente pela ação da água, que é o mais efetivo agente extintor.
- **Incêndios de classe B:** são os incêndios que ocorrem na mistura do ar com os vapores que se formam na superfície dos líquidos combustíveis e inflamáveis, como óleos, gasolina, graxas, vernizes, etc.; queimam somente em superfície, não deixando resíduos. A extinção se dá por abafamento, pela quebra da reação química ou pela retirada de material. Os agentes extintores podem ser pós químicos, líquidos vaporizantes, gás carbônico, água nebulizada e compostos de espuma química.
- **Incêndios de classe C:** são os incêndios em equipamentos elétricos energizados. Devem ser usados agentes extintores não condutores de

eletricidade, como os pós químicos, líquidos vaporizantes e o gás carbônico.

- **Incêndios de classe D:** são os incêndios em materiais combustíveis chamados de pirofóricos, como o magnésio, titânio, zircônio, lítio, alumínio, etc. Esses materiais queimam mais rapidamente, reagem com o oxigênio atmosférico, atingindo temperaturas mais altas que os outros materiais combustíveis. O combate ao fogo dessa classe de incêndio exige equipamentos, técnicas e agentes extintores especiais que formam uma película protetora isolando o material combustível do ar atmosférico.

A classificação pela quantidade de materiais existentes em uma determinada área, segundo Gomes (1998), está diretamente relacionada à carga de incêndio, que é definida pelo produto entre a quantidade de material combustível e o seu poder calorífico. Dividindo a carga de incêndio pela área de piso do compartimento, obtém-se a carga de incêndio específica ou a densidade de carga de incêndio, utilizada internacionalmente para classificar o incêndio. Segundo ainda o mesmo autor a classificação do risco de incêndio por intermédio da carga de incêndio específica é dada conforme a seguir:

- **Risco Leve ou Risco 1:** fogo em pequena carga de incêndio, cujo desenvolvimento se faz com fraca liberação de calor – Carga de incêndio até 1.130 MJ/m^2 ;
- **Risco Médio ou Risco 2:** fogo em média carga de incêndio, cujo desenvolvimento se faz com moderada emissão de calor – Carga de incêndio de 1.130 a 2.260 MJ/m^2 ;
- **Risco Pesado ou Risco 3:** fogo em grande carga de incêndio, com elevada liberação de calor – Carga de incêndio acima de 2.260 MJ/m^2 ;

A esse respeito, o RSCI-CB/PMESP - Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo classifica as edificações de acordo com a carga de incêndio específica, em risco baixo, médio e alto, conforme apresentado na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO QUANTO A CARGA DE INCÊNDIO

Risco	Carga de Incêndio MJ/m²
Baixo	Até 300 MJ/m ²
Médio	Entre 300 e 1.200 MJ/m ²
Alto	Acima de 1.200 MJ/m ²

Fonte: RSCI-CB/PMESP (2001)

Cabe ressaltar aqui que a utilização da expressão “risco de incêndio”, embora constantemente empregada nos códigos e regulamentos de segurança, não representa o real significado do conceito de risco, que é mais abrangente, pois envolve entre outros fatores a probabilidade de que um incêndio, uma vez iniciado, se desenvolva. Nesses casos, o risco está associado apenas a quantidade de materiais combustíveis presentes em um ambiente.

Como se pode observar, a primeira classificação, pela natureza dos materiais, tem uma utilidade intrínseca, porque, a partir dela, pode-se concluir, ainda que superficialmente, o tipo mais adequado do material a ser usado para o combate ao incêndio. A segunda classificação, pela quantidade dos materiais, visa dar uma idéia da severidade dos incêndios em função da densidade da carga de incêndio (GOMES, 1998).

Grant e Drysdale (1995) relatam que a propagação do fogo em um elemento ou entre vários elementos combustíveis tem ocupado uma grande proporção de esforços nas pesquisas da ciência do fogo. Historicamente estas pesquisas tendem a classificar o risco de incêndio quantitativamente em função da configuração dos materiais combustíveis existentes em um compartimento.

Compartimento pode ser entendido como uma determinada área da edificação (cômodo) onde o incêndio e seus efeitos ficam retidos e não se propagam para outros cômodos da mesma edificação ou então para as edificações adjacentes (GOUVÊIA, 2006).

De acordo com Tavares (2003), o desenvolvimento do incêndio depende igualmente da carga de incêndio e da ventilação do ambiente. Assim, estas

classificações que consideram apenas a natureza e a quantidade de materiais resultam ser incompletas, a não ser que se admitisse incêndio em ambiente aberto.

A este propósito, Romani e Yanagihara (1995) afirmam que as características do incêndio dependem fortemente do volume do compartimento, do tamanho e localização das aberturas de comunicação, da geometria e localização dos materiais combustíveis presentes, da existência ou não de proteção contra incêndio e das propriedades físico-químicas não só dos materiais combustíveis, mas também das paredes, piso e teto do compartimento.

A determinação do risco de incêndio trata-se, portanto, de uma tarefa complexa, pois a severidade dos incêndios leva em conta o seu efeito sobre a edificação e os seus ocupantes, o que depende de grande número de parâmetros. Alguns desses parâmetros são evidentemente culturais, o que reafirma a importância de se desenvolver uma engenharia de incêndio genuinamente brasileira.

2.3.1 Evolução de um incêndio

Considera-se que um incêndio seja composto essencialmente de três fases: ignição, aquecimento e resfriamento. O período de maior crescimento da temperatura num incêndio compartimentado ocorre no momento seguinte ao *flashover*, ponto esse onde todo material orgânico entra em combustão espontânea (SILVA e FAKURY, 2002).

Analogamente a IT 02 – CB/PMESP, considera que a evolução de um incêndio num compartimento possa ser representada por um ciclo com três fases características, (Figura 2.6):

- Fase inicial de elevação progressiva da temperatura (ignição);
- Fase de aquecimento;
- Fase de resfriamento.

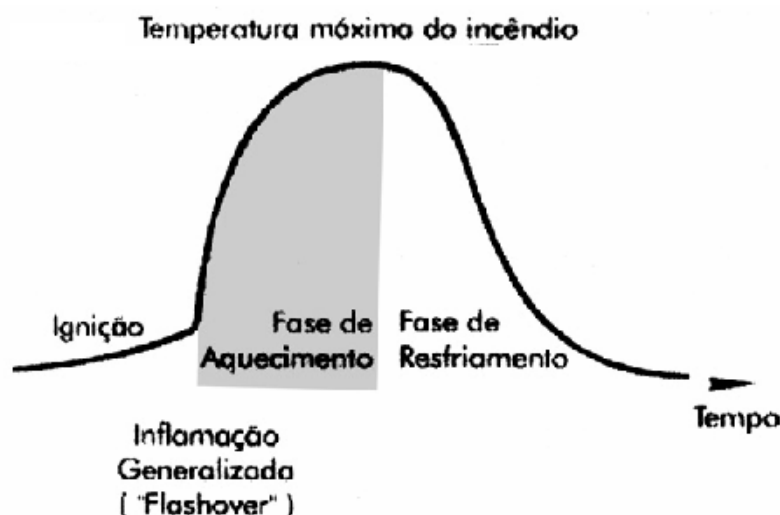


Figura 2.6 – Evolução do incêndio
 Fonte: IT 02 – CB/PMESP, 2001

A esse respeito, Gouvêia (2006), apresenta uma descrição dos incêndios por meio de uma curva tempo-temperatura, ou simplesmente, curva $\theta(t)$. Segundo ainda o mesmo autor, admitindo que um incêndio desde o seu início até a sua extinção tenha uma distribuição uniforme de temperatura, este poderá ser representado por uma curva, conforme descrito a seguir e mostrado na Figura 2.7.

A fase inicial da curva, denominada de ignição, possui um crescimento relativamente linear da temperatura ambiente, atingindo no período de 2 a 5 minutos uma temperatura entre 250 a 350°C. Nesta fase o incêndio ainda não envolveu todo o compartimento, porém, ao final dela, o volume de fumaça é grande e há uma redução significativa da visibilidade, comprometendo as condições de sustentação da vida para os seres humanos.

A fase seguinte, que é a de inflamação generalizada, se caracteriza pela elevação acentuada da temperatura, pela presença de grandes volumes de fumaça e pela rápida propagação do fogo. A duração desta fase depende de diversos parâmetros, entre eles a densidade da carga de incêndio e o fator de ventilação, mas em geral, é de 20 a 40 minutos ou até que cerca de 60% a 80% da carga combustível seja consumida. A fase de extinção pode durar de 1 a 3 horas, nela ocorre o resfriamento gradativo do ambiente incendiado, podendo haver o reinício

do incêndio caso todo o material combustível não tenha sido consumido, ou ainda o colapso de elementos estruturais e de vedação.

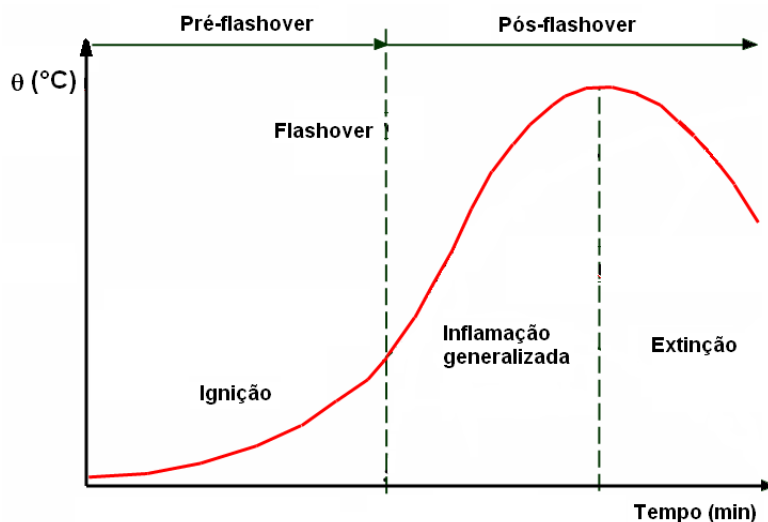


Figura 2.7 – Curva de desenvolvimento de um incêndio

Fonte: Gouveia, 2006

Por outro lado, Romani e Yanagihara (1995), relatam que genericamente o incêndio em um compartimento pode ser subdividido em cinco estágios: início, desenvolvimento, *flashover*, incêndio generalizado, extinção.

- **Início:** a fase inicial de um incêndio envolve a ignição de um pequeno elemento combustível no local compartimentado, sendo que neste estágio de desenvolvimento a zona de risco restringe-se à vizinhança imediata ao foco de incêndio:
- **Desenvolvimento:** nesta etapa o fogo alastra-se sobre as superfícies combustíveis por avanço contínuo da frente de chama, pelo aquecimento por radiação ou convecção de elementos combustíveis não contíguos, que provoca a ignição dos mesmos. Próximo à chama, o ar e os gases voláteis aquecidos adquirem por convecção natural, um movimento ascensional. Se não houver uma abertura na parte superior do compartimento, os gases quentes podem começar a se acumular em torno da área do teto, formando uma camada de gases quentes.
- **Flashover:** por radiação e convecção o fogo aquece também as paredes e o teto do compartimento. Estes elementos aquecidos, bem

como a camada de gases quentes, passam a agir como fontes irradiadoras, refletindo de volta o calor para as superfícies combustíveis, estejam elas queimando ou não, aumentando a taxa de volatilização dos combustíveis e alimentando ainda mais às chamas. Havendo combustível suficiente, o volume e a temperatura dos gases aumentarão com o tempo e caso não haja nenhum tipo de proteção contra incêndio atuando, a temperatura no compartimento poderá atingir níveis tais que ocorra a ignição simultânea de todos os materiais combustíveis presentes. Esta propagação abrupta é conhecida como *flashover*.

- **Incêndio generalizado:** o período de combustão generalizada, que se segue ao *flashover*, é caracterizado por velocidades de queima limitadas pela taxa de ventilação do ambiente ou pela superfície livre de combustível. Nesta fase as temperaturas e os fluxos de calor aumentam consideravelmente, diminuindo em seguida, à medida que os materiais combustíveis são consumidos.
- **Extinção:** a fase de extinção ocorre quando a maior parte do combustível já foi consumida. A intensidade do fogo diminui drasticamente; a queima em geral se processa em pequenas chamas.

Liang e Chow (2002) enfatizam que dentre os processos físicos e químicos que envolvem um incêndio num compartimento, o *flashover* é de grande interesse. Para esses autores, quando ocorre o *flashover*, o incêndio salta de um regime de crescimento linear para uma inflamação generalizada, ocasionando grandes danos à estrutura da edificação.

A Figura 2.8, apresenta esquematicamente a fase anterior ao *flashover* onde ocorre grande desenvolvimento de fumaça e gases quentes, que, caso não haja aberturas suficientes na parte superior do compartimento, se acumulam no nível do teto.

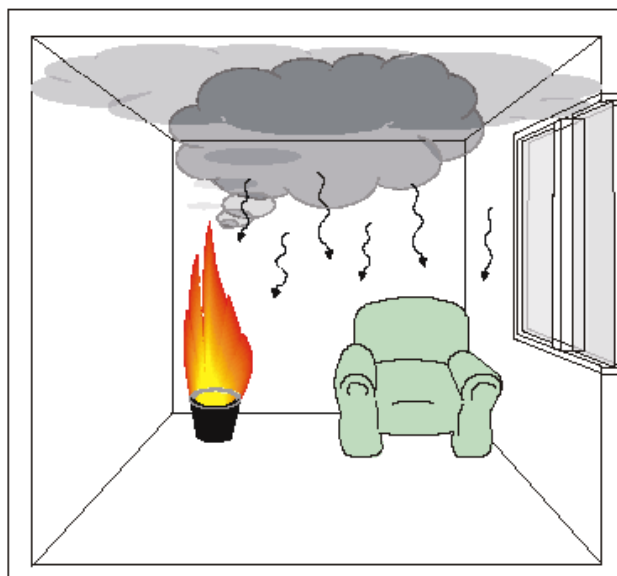


Figura 2.8 – Fase anterior ao flashover
Fonte: IT 02 – CB/PMESP, 2001

Para Gouveia (2006), a descrição da evolução de um incêndio em um compartimento através da curva tempo-temperatura pressupõe que neste compartimento a temperatura seja uniforme, fato este não observado nos incêndios de grande volume. Por essa razão, sendo uma hipótese pouco provável nos incêndios de grande volume, foi desenvolvido o modelo de duas camadas para a interpretação dos fenômenos associados ao incêndio nas edificações. Neste modelo, a atmosfera do ambiente compartimentado é dividida em duas camadas, através de uma superfície imaginária denominada interface. Na camada superior, os gases possuem temperaturas mais elevadas, e, na camada inferior, os gases se encontram a temperaturas relativamente mais baixas.

A evolução do incêndio, segundo este modelo, se processa da seguinte forma: a ignição, iniciada em um determinado objeto, produz gases quentes que se elevam junto ao teto do compartimento. Os gases produzidos pela pirólise do objeto ignizado misturam-se com o oxigênio do ambiente originando as chamas: porém, em geral, a quantidade de oxigênio existente no local não é suficiente para provocar a combustão de todo o volume de gases produzidos. Forma-se então junto ao teto, uma camada denominada de colchão de gases quentes, composta de gases combustíveis, fumaça e partículas sólidas em suspensão (Figura 2.9).

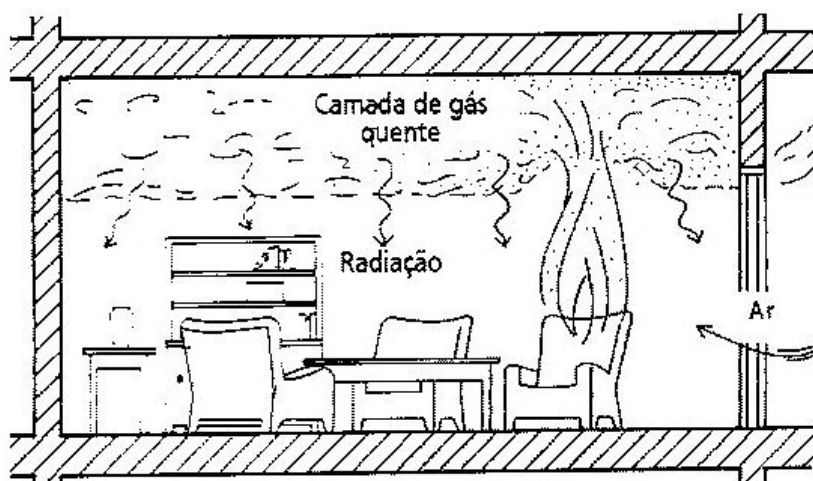


Figura 2.9 – Descrição do incêndio pelo modelo de duas camadas
Fonte: Gouveia, 2006

Caso não haja a exaustão dos gases quentes e o processo de ignição não seja interrompido, a espessura e a temperatura da camada superior cresce, permitindo, em razão do grande volume de gases combustíveis e da insuficiência de oxigênio no ambiente, a ocorrência do fenômeno denominado *flashover*. Nestas condições, o *flashover* ocorrerá assim que houver uma súbita injeção de oxigênio no ambiente, gerando um grande volume de chamas na parte superior do compartimento. A intensa radiação de calor produzida sobre os demais objetos do ambiente, poderá fazer com que estes objetos atinjam a temperatura de ignição espontânea, generalizando o incêndio (GOUVÊIA, 2006).

2.3.2 Propagação do fogo

De acordo com a IT 02 – CB/PMESP, a possibilidade de um foco de incêndio se extinguir ou evoluir para um grande incêndio depende basicamente dos seguintes fatores:

- quantidade, volume e espaçamento das fontes de combustão;
- tamanho e situação das fontes de combustão;
- área e localização das janelas;

- velocidade e direção do vento;
- a forma e dimensão do local.

Romani e Yanagihara (1995) ressaltam que, embora os fenômenos físicos e químicos que regem o desenvolvimento e propagação do fogo sejam amplamente conhecidos, torna-se difícil, em função das inúmeras variáveis existentes, prever a sucessão de eventos que fazem com que um incêndio, inicialmente confinado a uma área, propague-se por corredores e salas vizinhas e, por vezes, em locais muito distantes do foco de origem.

Segundo ainda esses mesmos autores, a complexidade do problema do incêndio é consequência do forte acoplamento dos fenômenos físicos elementares que o compõe e da dependência de um grande número de parâmetros, tais como: volume do compartimento, natureza e quantidade dos combustíveis presentes, geometria do local, existência ou não de entradas e saídas de ar, ventilação, etc.

Tavares (2003) conclui que as aberturas existentes em uma edificação inserem uma variável significativa no incêndio: o fator ventilação. Segundo ainda o autor a ventilação determinará a quantidade de comburente que estará entrando no ambiente, o que é crucial em relação à propagação ou a extinção de um incêndio.

Romani e Yanagihara (1995), discorrendo sobre algumas hipóteses da propagação do fogo em um ambiente, relatam que, caso haja uma abertura no teto ou nas paredes, os gases quentes não ficarão acumulados no compartimento e o incêndio poderá ficar confinado à sua área de origem. Da mesma maneira, se houver no local um sistema de proteção contra incêndio ativado, este poderá retardar ou impedir a propagação das chamas.

Ainda sobre o comportamento do fogo em um compartimento, Silva e Fakury, (2002), afirmam que a variação de temperatura dos gases quentes é encontrada impondo-se o equilíbrio térmico dentro do compartimento. A energia que é liberada pelo incêndio depende da quantidade e do tipo de combustível presente, das condições de ventilação do ambiente e dos elementos de vedação.

A IT 02 – CB/PMESP afirma que, associadas ao incêndio e acompanhando o fenômeno da combustão, aparecem, em geral, quatro causas determinantes de uma situação perigosa: calor, chamas, fumaça e insuficiência de oxigênio.

Do ponto de vista de segurança das pessoas, entre os quatro fatores considerados, a fumaça é a que causa danos mais graves, e, portanto deve ser um dos fatores mais importantes a ser considerado (SECCO, 1982).

Haddad e Guenther (2002) ratificam a assertiva anterior, afirmando que a fumaça é a mais problemática no incêndio que o fogo propriamente dito: a fumaça impede a visão dos ocupantes para as rotas de fuga e saídas de emergência. Além disso, na fumaça estão contidos gases tóxicos ou asfixiantes como CO e CO₂. Desta forma, o conhecimento ou a predição da movimentação da fumaça é também um fator de grande importância no projeto de sistemas de segurança contra incêndios.

Observa-se, portanto, que vários são os fatores que influenciam na evolução de um incêndio o que justifica em termos absolutos a sua unicidade, e, mesmo se fosse possível repetir todos esses parâmetros, ainda restaria a sua aleatoriedade (GOUVÊIA, 2006).

Porém, para que seja possível proceder uma análise do risco de incêndio, faz-se necessário determinar alguns destes fatores, tais como: a carga de incêndio, o grau de ventilação e a densidade e combustibilidade dos materiais. Estes fatores serão apresentados a seguir.

2.3.3 Carga de incêndio

A determinação da carga de incêndio é um dos principais fatores a ser considerado para a avaliação da duração e severidade de um incêndio. Todos os modelos relacionados com o desenvolvimento e propagação do fogo dependem fundamentalmente das características e informações dessas variáveis (ASSIS, 2001).

Carga de incêndio é a soma das energias caloríficas possíveis de serem liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis de um espaço considerado, inclusive os revestimentos de pisos, paredes e tetos. Carga de incêndio específica é o valor da carga de incêndio dividido pela área de piso do

espaço considerado, expresso em megajoule por metro quadrado - MJ/m² (SILVA, 2001).

O valor característico da carga de incêndio específica pode ser determinado através da seguinte expressão:

$$q_{fi} = \frac{\sum M_i \cdot H_i \cdot \mu_i \cdot \psi_i}{A_f}$$

Onde:

q_{fi} = carga de incêndio específica (MJ/m²).

M_i = massa total de cada componente “i” do material combustível (kg).

H_i = potencial calorífico específico de cada componente “i” do material combustível (MJ/kg).

μ_i = coeficiente adimensional que representa a eficiência da combustão de cada componente do material combustível; μ_i=1 corresponde a combustão completa e μ_i=0 corresponde à ausência de combustão durante o processo de incêndio.

Ψ_i = Coeficiente adimensional que representa o grau de proteção ao fogo do material combustível. Varia entre Ψ_i = 1, para materiais sem proteção, e Ψ_i = 0 para materiais com proteção total durante o incêndio.

A_f = área do piso do compartimento (m²).

Observa-se, porém, que os coeficientes Ψ_i e μ_i são de difícil determinação em levantamentos por inventário, como o efetuado no presente trabalho, sendo, então, consideradas as situações mais desfavoráveis, ou seja, admite-se que todos os materiais combustíveis apresentam uma combustão completa e que nenhum material possui proteção contra o fogo.

Potencial calorífico de um material é a quantidade de energia que pode ser liberada sob a forma de calor pela combustão completa de uma unidade de massa desse material, sendo seus valores atribuídos através de ensaios normalizados. O potencial calorífico da madeira seca, por exemplo, pode ser tomado como 19 MJ/kg (GOUVÊIA, 2006).

A Tabelas 2.2, 2.3 e 2.4 a seguir, apresentam o potencial calorífico específico de alguns materiais, os valores do coeficiente “ μ ” e os valores do coeficiente “ Ψ ”.

TABELA 2.2 – VALORES DO POTENCIAL ESPECÍFICO EM MJ/kg

Tipo de material	H (MJ/kg)	Tipo de material	H (MJ/kg)	Tipo de material	H (MJ/kg)
Acetona	30	Grãos	17	Poliéster	31
Acrílico	28	Graxa, Lubrificante	41	Poliestireno	39
Algodão	18	Lã	23	Polietileno	44
Benzeno	40	Lixo de cozinha	18	Polimetilmetacrílico	24
Borracha	Espuma – 37 Tiras – 32	Madeira	19	Polioximetileno	15
Celulose	16	Metano	50	Poliuretano	23
C-Hexano	43	Metanol	19	Polipropileno	43
Couro	19	Monóxido de carbono	10	Polivinilclorido	16
D-glucose	15	N-Butano	45	Propano	46
Epóxi	34	N-Octano	44	PVC	17
Etano	47	N-Pentano	45	Resina melamínica	18
Etanol	26	Palha	16	Seda	19
Eteno	50	Papel	17		
Etino	48	Petróleo	41		
Fibra sintética 6,6	29	Poliacrilonitríco	30		
		Policarbonato	29		

Fonte: IT 14 – CB/PMESP, 2004

TABELA 2.3 – VALORES DO COEFICIENTE “ μ ” (DIN 18230)

Tipo de material	Fator “ μ ”
Algodão	0,8
Graxa, lubrificante	0,6
Policarbonato	0,2
Poliéster	0,2
Polietileno	0,8
Polipropileno	0,8
Poliuretano	0,3
PVC	0,4

Fonte: Araújo 2004 apud Silva 2001

TABELA 2.4 – VALORES DO COEFICIENTE “Ψ” (DIN 18230)

Além do material protegido, há material sem proteção com carga de incêndio específica superior a 10 MJ/m² de área de piso	Tipo de proteção	Ψ
Sim	Isolante térmico	0,65
Sim	Não é isolante térmico	0,75
Não	Isolante térmico	0,35
Não	Não é isolante térmico	0,45

Fonte: Araújo 2004 apud Silva 2001

Segundo Gouveia (2006), há duas técnicas de levantamento da carga de incêndio: a de inventário e a de pesagem direta. Quando se faz a medição direta da carga de incêndio, é interessante conhecer os valores da quantidade de energia que está armazenada em alguns objetos. As Tabelas, 2.5 e 2.6 a seguir apresentam o poder calorífico de equipamentos eletro-eletrônicos e móveis por unidade e por peso.

TABELA 2.5 – PODER CALORÍFICO DOS EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS E MÓVEIS, POR UNIDADE

Material	Poder calorífico (MJ/un)
Computador	491,75
Impressora	145,50
Sofá de 2 lugares	904,00
Sofá de 3 lugares	983,00

Fonte: Araújo 2004

TABELA 2.6 – PODER CALORÍFICO DOS EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS E MÓVEIS, POR PESO

Material	Poder calorífico (MJ/kg)	Peso total (kg)
Aparelho de DVD	20,16	9,00
Geladeira	28,10	70,00
Freezer	28,10	70,00
Sofá de 1 lugar (poltrona)	19,44	30,00
Máquina de lavar roupas	32,30	70,00
Máquina de lavar louças	31,30	56,00
Secadora de roupas	32,30	70,00
Forno de microondas	28,10	19,50
Forno elétrico	28,10	14,20
Depurador	28,10	7,50
Cadeira de computador	22,00	14,00
Tanquinho	32,30	40,00
Frigobar	28,10	30,00
Vídeo cassete	20,00	9,00
TV 10"	20,16	8,90
TV 20"	20,16	17,00
TV 29"	20,16	35,50
Aparelho de som	20,16	15,00

Fonte: Araújo, 2004

2.3.4 Grau de ventilação

De acordo com a IT 02 – CB/PMESP, os fatores relacionados com a ventilação e a quantidade de material em combustão proporcionam incêndios de diferentes características. Em incêndios onde a vazão de ar que alimenta o fogo de um determinado compartimento de uma edificação for superior à necessidade da combustão dos materiais contidos neste compartimento, tem-se um fogo aberto, com características muito próximas de uma queima de combustível ao ar livre. Este tipo de incêndio é controlado pela carga de incêndio do compartimento.

Por outro lado, em incêndios onde a vazão de ar que alimenta o fogo for controlada ou deficiente, tem-se um incêndio com duração mais longa, cuja queima é controlada pela ventilação presente no compartimento. A relação entre a quantidade de material combustível e a ventilação é dada pela seguinte expressão:

$$\xi = \frac{A_q}{A_v \cdot \sqrt{h}}$$

Onde,

ξ = relação entre a quantidade de material combustível e a ventilação;

A_q = área da superfície do material combustível que pode participar da combustão.

A_v = área total das aberturas para o ambiente externo ao edifício, incluindo janelas que se supõem quebradas durante um incêndio.

h = altura média das aberturas.

De acordo com Silva (2001), quando se tem um valor alto de “ ξ ”, a temperatura dos gases que envolvem as chamas será em função do grau de ventilação, sendo este tipo de incêndio denominado de incêndio de ventilação controlada. Por outro lado, quando se tem um valor baixo de “ ξ ”, o incêndio é controlado pela quantidade de material combustível, dependendo a temperatura somente da carga de incêndio.

2.3.5 Densidade relativa e combustibilidade dos materiais

A densidade relativa de um corpo é definida como sendo a razão da massa por seu volume. Um mesmo composto pode apresentar diferentes valores de densidade, bastando para isto modificar seu volume sem aumentar sua massa. A densidade de um composto dependerá principalmente do fator de ocupação do volume, que é função da organização estrutural de seus elementos e/ou da presença de espaços vazios internos e poros, e desta forma fica clara a necessidade de se definir alguns tipos de densidade.

Desse modo, observa-se que no processo de levantamento da carga de incêndio de um compartimento, através da técnica de inventário, há necessidade de se obter a massa de cada material que compõe este compartimento. Uma das formas utilizadas para a obtenção da massa total desses materiais é através da pesagem direta, porém uma tarefa extremamente trabalhosa e por vezes impraticável. Nestes casos, conhecendo-se o tipo de material, a forma aproximada e as dimensões de cada objeto, é possível determinar seus volumes e através de uma tabela de densidade suas respectivas massas (GOUVÊIA, 2006).

A Tabela 2.7 a seguir apresenta a densidade em quilos por metro cúbico (kg/m^3) de alguns materiais.

TABELA 2.7 – DENSIDADE DOS MATERIAIS

Material	Densidade (kg/m^3)	Material	Densidade (kg/m^3)
Aço	7750	Espuma	25
Água	1000	Ferro	7870
Alumínio	2710	Granito	2600 a 2900
Ar	129	Lã de vidro	100
Borracha	920 a 1230	Madeira	820
Cerâmica	1850	Metal	7850
Cobre	8960	Tijolo	550
Concreto	7870		

Fonte: Adaptado, ARAÚJO, 2004

Segundo Ono (2007), a avaliação da combustibilidade e do potencial calorífico dos materiais é realizada por meio de ensaios em laboratórios internacionalmente reconhecidos, denominados respectivamente de forma genérica de Ensaio de Incombustibilidade e Ensaio de Determinação do Poder Calorífico, respectivamente. De acordo ainda com a mesma autora, a escolha dos materiais que irão compor uma edificação deve considerar a contribuição da utilização destes materiais na facilidade de ignição e no crescimento inicial do incêndio. O conjunto de ensaios de caracterização dos produtos quanto à sua contribuição no crescimento do incêndio incluem as seguintes avaliações:

- combustibilidade ou incombustibilidade;
- quantidade de calor liberado na combustão;
- velocidade de propagação superficial das chamas;
- quantidade dos produtos da combustão (gases quentes, fumaça e fuligem);
- qualidade dos produtos da combustão, ou seja, efeitos como a densidade ótica, a toxicidade e a irritabilidade dos gases emitidos.

A IT 10 – CB/PMESP – Controle de materiais de acabamento e revestimento, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, apresenta a classificação dos materiais de acordo com as normas abaixo especificadas (Tabela 2.8):

NBR 9442 – Materiais de Construção – Determinação do índice de propagação superficial de chamas pelo método do painel radiante – Método de ensaio (ABNT, 1986);

ASTM E 662 – Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials (ASTM, 2005); e

ISO 1182 – Reaction to fire tests for buildings products – Non-combustibility test (ISO, 2002).

TABELA 2.8 – CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CONFORME VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE CHAMA E EMISSÃO DE FUMAÇA

Método de ensaio		ISSO 1182	NBR 9442	ASTM E 662
Classe				
I		Incombustível	-	-
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$ (classe A)	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$l_p \leq 25$ (classe A)	$D_m > 450$
III	A	Combustível	$25 < l_p \leq 75$ (classe B)	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$25 < l_p \leq 75$ (classe B)	$D_m > 450$
IV	A	Combustível	$75 < l_p \leq 150$ (classe C)	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$75 < l_p \leq 150$ (classe C)	$D_m > 450$
V	A	Combustível	$150 < l_p \leq 400$ (classe D)	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$150 < l_p \leq 400$ (classe D)	$D_m > 450$
VI		Combustível	$l_p > 400$ (classe E)	
l_p - Índice médio de propagação superficial de chama. D_m - Densidade ótica específica máxima de fumaça, para ensaios com chama e sem chama.				

Fonte: IT 10 – CB/PMESP, 2004

Neste tópico foram apresentados os conceitos de incêndio e algumas considerações sobre o seu comportamento e desenvolvimento. Da mesma forma, foi abordada a questão da determinação da carga de incêndio e do grau de ventilação, como fatores que podem determinar o tipo de limitação do incêndio. Finalmente, foram apresentadas também algumas propriedades dos materiais que influenciam o desenvolvimento do incêndio, como a densidade e a combustibilidade dos materiais. No tópico seguinte serão apresentadas as medidas de segurança contra incêndio.

2.4 MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

A prevenção de incêndios compreende um conjunto de medidas a serem adotadas com o objetivo de minimizar a possibilidade de ocorrência de um incêndio, detectar a presença de calor ou fumaça tão logo se inicie o processo de combustão, e ainda proporcionar meios para o combate às chamas em sua fase inicial (SECCO, 1982).

Conforme Seito (1995), a segurança contra incêndio pode, conceitualmente, ser dividida em medidas de prevenção e medidas de proteção. Segundo o autor, as medidas de prevenção são entendidas como aquelas tomadas para evitar o início do fogo ou o alastramento do incêndio e isso pode ser obtido no projeto da edificação através da escolha de materiais com índices de reação ao fogo compatíveis com o nível de segurança que se deseja e ainda pelo isolamento das fontes de calor. Já as medidas de proteção são aquelas tomadas para evitar a rápida propagação do incêndio e isso é feito através de barreiras (compartimentação de áreas) ou por equipamentos de combate a incêndio.

Analogamente a NBR 14432 (2000) classifica as medidas de segurança e proteção contra incêndio de proteção ativa e de proteção passiva. De acordo com essa norma, a proteção ativa é todo tipo de proteção ativada manual ou automaticamente em resposta ao fogo, composta basicamente pelos sistemas prediais de proteção contra incêndio. A proteção passiva é o conjunto de medidas que faz parte do sistema construtivo da edificação e que reage passivamente ao desenvolvimento do incêndio, evitando condições propícias ao seu crescimento e propagação, garantindo a resistência ao fogo, facilitando a fuga dos usuários e o ingresso no edifício para as ações de combate ao incêndio.

Gouvêia (2003) em seu estudo cita os sistemas de detecção e o combate ao incêndio como sendo medidas ativas e as medidas passivas como sendo a resistência estrutural ao fogo e a compartimentação da edificação (impedindo a propagação do incêndio e confinando-o num espaço limitado). Algumas dessas medidas são aplicadas para proteção da vida, outras são aplicadas para proteção da propriedade, e outras para ambos os casos.

Berto (1991) também ressalta a importância de algumas medidas de prevenção de incêndios que devem ser consideradas na fase inicial do projeto arquitetônico, além das medidas específicas de combate a incêndios. Dentre essas medidas estão: o confinamento de um incêndio pelo isolamento das áreas com portas corta-fogo; o uso, sempre que possível de materiais incombustíveis; a previsão de saídas de emergência e instalações elétricas que venham a funcionar sem excesso de carga e com dispositivos de segurança, entre outros.

A esse respeito, Seito (1995) afirma que a segurança contra incêndio de uma edificação pode ser implementada, na fase de projeto, desde que sejam considerados os seguintes parâmetros:

- localização do edifício em relação aos serviços de combate ao fogo;
- área ao redor do edifício, para assegurar o acesso às fachadas;
- altura das torres e distância entre os edifícios;
- controle das quantidades de materiais combustíveis;
- dimensionamento da compartimentação interna;
- dimensionamento da proteção e resistência ao fogo da estrutura;
- proteção das aberturas existentes;
- dimensionamento do sistema de alarme e detecção de incêndios;
- dimensionamento do sistema de extinção com chuveiros automáticos, extintores manuais e automáticos;
- dimensionamento do sistema de hidrantes e reserva de água.

Todos os parâmetros descritos anteriormente atuam diretamente em um dos elementos do tetraedro do fogo. Caso não seja possível evitar-se o incêndio, medidas de proteção à fuga dos ocupantes tornam-se a melhor maneira de salvaguardar a vida humana. Portanto, é essencial que nos projetos, as rotas de fuga, os dispositivos de controle de fumaça e calor, os sistemas de alarme, além de um constante treinamento dos usuários da edificação, sejam adotados como medidas de prevenção do incêndio.

Beyler (2001) afirma que o desafio do século 21 em relação a prevenção de incêndio é prover as edificações de proteção suficiente com o nível de custos atuais. Segundo ainda o autor a educação é um dos componentes primários para a prevenção de incêndios, mas raramente requer a atenção e os recursos que merece.

Segundo Gouveia (2006), o conjunto de medidas de segurança adotadas no início da obra ou executadas posteriormente, ou ainda, as medidas relacionadas à estrutura pública, são utilizadas para balancear e determinar o risco de incêndio de

uma edificação. Essas medidas são reunidas em cinco classes: a) Medidas sinalizadoras do incêndio; b) medidas extintivas; c) medidas de infra-estrutura; d) medidas estruturais, e) medidas políticas.

2.4.1 Medidas sinalizadoras do incêndio

São medidas que têm como objetivo detectar o incêndio na sua fase inicial e informá-lo aos usuários, autoridades e outras pessoas nos arredores da edificação. De acordo com a IT 02 – CB/PMESP, quanto mais cedo o fogo for descoberto, correspondendo a um estágio inicial do incêndio, mais fácil será de controlá-lo e maiores serão as chances dos ocupantes do edifício saírem sem sofrer qualquer injúria.

Segundo Gouveia (2006), o emprego dessas medidas permite a extinção do incêndio ou o seu controle até completa extinção com o uso de recursos simples, instalados na maioria das edificações. Conforme o autor são consideradas medidas sinalizadoras, os sistemas de alarmes com acionamento manual e os sistemas de detecção de calor e fumaça. Quanto mais automatizado for o sistema, maior o fator de segurança contra incêndio.

2.4.2 Medidas extintivas

Atuam na interrupção da combustão através da eliminação de um dos elementos do triângulo do fogo essenciais para a sua manutenção. Essas medidas visam à redução dos prejuízos ocasionados pelo calor excessivo e pela fumaça através da extinção do incêndio imediatamente após a sua detecção.

São considerados medidas extintivas, os sistemas que agem sobre o foco da ignição lançando substâncias que apresentam maior reatividade com o oxigênio do que os gases oriundos da pirólise. Ex: extintores de incêndio e os sistemas fixos de gases extintores. Também fazem parte das medidas extintivas as brigadas de incêndio e os chuveiros automáticos que visam interromper o ciclo de

retroalimentação da reação da combustão através da redução da temperatura do ambiente.

Gouveia (2006) ressalta a eficácia dos sistemas de chuveiros automáticos e os sistemas fixos de gases no combate de início de incêndio. O autor também lembra que as brigadas de incêndio, quando bem formadas, superam em muito os demais sistemas por apresentar a vigilância contínua de um profissional bem treinado que pode agir rapidamente na extinção de um princípio de incêndio.

2.4.3 Medidas de infra-estrutura

São medidas de proteção ativa que visam combater o incêndio através de equipamentos específicos e da rede de água para incêndio. As medidas de infra-estruturas são compostas pelos sistemas de hidrantes públicos ou privados e os reservatórios de água destinadas ao combate de incêndios.

Tanto as instalações de hidrantes (públicos e privados) quanto os reservatórios devem atender as normas técnicas específicas e as legislações vigentes dos Corpos de Bombeiros a fim de garantir um adequado funcionamento do sistema no momento do combate ao incêndio. Desta forma, segundo Gouveia (2006) o conceito de confiabilidade do sistema de abastecimento de água é considerado na avaliação do risco de incêndio.

2.4.4 Medidas estruturais

As medidas estruturais são representadas pelos vários níveis de resistência ao fogo que a estrutura de uma edificação pode apresentar. O nível de segurança de uma edificação pode ser definido durante a sua concepção estrutural ou então ser definido ao longo de sua vida útil através de implantações de proteções passivas adequadas que aumentem o nível de resistência ao fogo dessa estrutura (GOUVEIA, 2006).

Conforme o estudo de Berto (1997), os principais objetivos da resistência ao fogo da estrutura das edificações são: manter a integridade dos locais de

permanência humana, restringir as proporções do incêndio e prevenir o colapso estrutural das edificações.

De acordo com Brentano (2007), a estrutura principal da edificação deve ser estável assegurando a sua capacidade de suporte durante o TRRF (Tempo requerido de resistência ao fogo) mínimo determinado pela norma ou legislação. Esta estabilidade ao fogo deve ser suficiente para evitar o colapso da edificação neste período mínimo, determinado para que as pessoas já tenham saído com segurança e o fogo já tenha sido dominado. O autor ressalta que o tempo de desocupação deve ser bem menor que o TRRF da edificação.

2.4.5 Medidas políticas

Gouveia (2006) define medidas políticas como sendo o conjunto de iniciativas adotadas com o intuito de ordenar e tornar mais eficazes as ações de combate e prevenção contra incêndio. O autor não relaciona uma lista limitada de medidas, porém cita algumas como sendo:

- **Planta de risco:** Representa o lançamento dos níveis de risco global de incêndio sobre a malha urbana. O objetivo desse mapa é alertar os profissionais de projeto e de combate a incêndio sobre os tipos de risco em cada região representada da cidade;
- **Plano de intervenção ou plano de emergência de incêndio:** Segundo a NBR 15.219 (2005), consiste no planejamento prévio de reconhecimento de espaços, dos elementos construtivos da edificação e dos equipamentos e sistemas de combate a incêndios, com o objetivo de facilitar as ações que devem ser tomadas pelas equipes de emergência na ocasião de um incêndio.

Brentano (2007), constatou que o plano de intervenção é uma exigência rara nas legislações estaduais no Brasil. O autor lembra que o fator tempo é fundamental numa emergência de incêndio, e ter um plano estabelecido para esta situação reduz enormemente o tempo efetivo de ação, bem como o resultado final desta ação.

- **Plano de escape:** O objetivo desse plano é diminuir os riscos de danos à vida humana. Segundo a NFPA 101 (2003) a capacidade em evacuar edificações é definida como a habilidade dos ocupantes, residentes e funcionários isolados ou em grupos, evacuarem um edifício ou mesmo se deslocarem de um local do edifício comprometido pelo fogo para outro local seguro. Diante dessa definição, Gouveia (2006), atenta para as edificações históricas destinadas à repartições públicas, hospitais, creches, pousadas e hotéis, que segundo o autor, dependendo das circunstâncias da edificação, pode acontecer que alguns usuários necessitem de assistência durante o escape, justificando assim o plano de escape como atividade de prevenção da severidade dos incêndios.

- **Sinalização de saídas de emergência e das rotas de fuga:** A sinalização de emergência é definida pela IT 20 –CB/PMESP, como sendo o conjunto de sinais visuais, constituídos por símbolos, mensagens e cores, convenientemente localizados no interior da edificação. No caso das rotas de fugas, trata-se uma ação preventiva que deve estar presente em todas as edificações. Segundo Gouveia (2006), deve se dispensar atenção especial aos turistas, por serem usuários que não estão acostumados com a disposição arquitetônica da edificação.

Com o objetivo de identificar as medidas de segurança contra incêndio possíveis de serem aplicadas em assentamentos urbanos precários, foram abordados neste tópico os tipos de proteção existentes, tendo como base a classificação dada pelo método de análise global de risco de incêndio. A seguir serão apresentadas algumas considerações sobre o comportamento humano em situações de incêndio.

2.5 COMPORTAMENTO HUMANO EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO

A efetividade das medidas de segurança contra incêndio durante o uso das edificações depende, essencialmente, da conscientização e do conhecimento dos responsáveis por essas edificações, assim como de seus usuários. Apesar disso, pouco se conhece do perfil desses importantes personagens, nem de seu nível de conscientização quanto ao tema segurança contra incêndio (ONO, 2002).

A este respeito Watts (1998), ressalta que nas últimas décadas, as pesquisas foram focalizadas na dinâmica e o comportamento do fogo, porém pouco foi desenvolvido em relação ao comportamento humano em relação ao fogo. De acordo ainda com o autor os aspectos ergométricos como, por exemplo, a força máxima necessária para abrir uma saída de emergência, e também a forma de sinalização de saída devem ser melhor avaliados considerando o comportamento humano em uma real situação de incêndio.

Pires (2005), relata que os modelos de simulação do comportamento humano em situações de incêndio existentes não avaliam o comportamento cognitivo. Segundo ele, se os aspectos cognitivos não forem corretamente considerados, os resultados fornecidos por tais modelos ficam muito longe da realidade. Comportamento cognitivo pode ser definido como um processo de conhecimento, que tem como material a informação do meio em que em se vive e o que já está registrado na memória.

Groner (2001) cita em sua pesquisa que grande parte das análises da engenharia de segurança de incêndio foram confinadas nas hipóteses de como o ambiente físico pode causar um incêndio, incluindo também o comportamento humano. Porém, o autor ressalta que apesar da análise dos aspectos cognitivos dos seres humanos em situação de incêndio, uma resposta comportamental satisfatória continua sendo uma “caixa preta”.

Para Watts (1998), o comportamento humano em incêndios deve ser tratado como uma matéria multidisciplinar, pois envolve conhecimentos nas áreas de psicologia, ergonomia, medicina entre outros.

Sendo estas as principais considerações encontradas a respeito do comportamento humano em situação de incêndio, apresenta-se a seguir o estudo sobre os métodos de avaliação de risco de incêndio.

2.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO

Genericamente, o risco pode ser definido como a incerteza da perda. No caso dos incêndios, esta perda, geralmente, está associada ao número de mortes ou aos danos materiais causados às propriedades, todavia inclui também perdas intangíveis significativas, tais como a interrupção da atividade produtiva, a degradação do meio ambiente e a destruição de bens culturais e históricos insubstituíveis (FITZGERALD, 2004).

Para Florence e Calil (2005), há uma grande confusão sobre os conceitos utilizados para a definição de risco e perigo, normalmente empregados para representar uma situação que possa afetar a integridade de pessoas e bens. Segundo os autores, perigo é uma fonte potencial de dano, como por exemplo, um choque elétrico produzido por um equipamento durante procedimento cirúrgico, e o risco é um valor estimado que leva em consideração a probabilidade de ocorrência desse dano.

A esse respeito, Gouveia (2006) afirma que os conceitos de perigo e risco de incêndio são muito sutis e frequentemente são empregados de maneira inadequada. De acordo com o autor, a possibilidade de início e desenvolvimento de incêndio, sempre estará presente nas edificações, em razão da presença constante nestes ambientes de materiais combustíveis, oxigênio e fontes de calor. A maior ou menor quantidade desses elementos, pode determinar o grau de perigo de incêndio.

Por outro lado, Gouveia (2006) afirma ainda que o conceito de risco está associado à probabilidade de que um incêndio, uma vez iniciado, se desenvolva. Esta probabilidade pode ser suficientemente reduzida mesmo em ambientes onde o perigo de incêndio seja elevado: neste caso embora o perigo seja elevado o risco de incêndio pode ser considerado baixo.

Gouveia (2006), ilustra a diferenciação entre os conceitos de risco e perigo da seguinte forma:

Os conceitos de perigo e de risco são muito sutis e frequentemente se observa grande confusão no seu emprego. Para ilustrar, vamos imaginar uma operação que consiste em misturar dois líquidos, A e B, o que deve ser feito muito lentamente, porque a mistura abrupta pode ocasionar explosão. Então, vê-se que há perigo de explosão sempre que A e B devam ser misturados. Mas, supondo que a

mistura vá ser feita por um técnico de laboratório que recebeu um intenso treinamento para isso e utiliza os equipamentos mais adequados para tal experiência. Pode-se dizer neste caso, que a probabilidade de que ocorra uma explosão é bastante reduzida ou que o risco de explosão é suficientemente baixo para ser aceito (GOUVÊIA, 2006, p20).

Para Araújo (2004), o risco e a segurança contra incêndio são determinados em função da probabilidade da ocorrência ou não de um incêndio em um determinado local. Segundo a autora, o balanceamento dos fatores que agregam risco de incêndio à edificação com as medidas de segurança disponibilizadas para fazer frente a este risco é uma ferramenta utilizada em diversos métodos de avaliação de risco de incêndio.

A esse respeito, Oliveira (2002) afirma que a análise racional do risco de incêndio, através da utilização de um método de avaliação, permite estabelecer critérios para adoção de medidas de segurança que possibilitem a redução dos danos causados. Segundo ainda o mesmo autor, a avaliação da segurança contra incêndios pode ser efetuada de duas formas: avaliação qualitativa e avaliação quantitativa.

2.6.1 Métodos qualitativos

Os métodos qualitativos, base de grande parcela das normas de segurança contra incêndio em vigor, fundamentam-se principalmente na opinião profissional de especialistas. A utilização deste método consiste na classificação das edificações por categorias, geralmente segundo sua ocupação, e na determinação do número e tipos de proteção contra incêndio a serem adotadas. Os métodos qualitativos podem ser descritivos, representados por normas e regulamentos, ou árvores lógicas de causa-efeito em seus aspectos qualitativos (LOPES, 2004).

2.6.2 Métodos quantitativos

Segundo Lopes (2004), os métodos quantitativos podem ser classificados de diversas formas, mas, de um modo geral, dividem-se em dois grupos: métodos semi-quantitativos e métodos analíticos ou estatísticos.

Os métodos semi-quantitativos baseiam-se em fórmulas empíricas contendo variáveis, cujos valores são atribuídos pelo analista através de critérios previamente estabelecidos. Neste método, estabelece-se um valor quantitativo para cada uma das variáveis, porém a sua origem depende do critério subjetivo do analista. Dentre os métodos semi-quantitativos destacam-se: o Método de Gretener, o Método FRAME, o Método ERIC, o Método Dow e o Método IFAL, sendo os dois últimos utilizados na avaliação do risco de incêndio em indústrias químicas (LOPES, 2004).

Por outro lado, os métodos analíticos ou estatísticos, têm por base modelos matemáticos e físicos. Neste método, a estatística é utilizada como ferramenta para o estabelecimento de taxas de avaria e determinação da probabilidade do acidente, e os modelos físicos quantificam a gravidade das conseqüências. As análises que utilizam estes métodos exigem recursos técnicos avançados e investimentos significativos. As árvores lógicas de acontecimentos, falhas ou êxitos, de decisões e os modelos matemáticos determinísticos e estocásticos são alguns exemplos de métodos analíticos ou estatísticos (LOPES, 2004).

A seguir serão conceituados alguns dos principais métodos qualitativos e quantitativos de avaliação de risco de incêndio.

2.6.3 Métodos descritivos

Os métodos descritivos utilizam as normas e regulamentos em vigor, como uma forma prática de dotar as edificações de um nível satisfatório de segurança contra incêndio. Todavia, o simples cumprimento dessas normas pouco têm a ver com os métodos de avaliação de risco, sendo necessário nestes casos unicamente seguir a regulamentação adequada, sem proceder, no entanto, uma análise detalhada do risco de incêndio (LOPES, 2004).

2.6.4 Árvores lógicas

Lopes (2004) afirma que as árvores lógicas podem ser consideradas métodos quantitativos quando cada evento estiver associado a uma determinada probabilidade de ocorrência. Segundo o autor, combinando-se as diferentes probabilidades dos diferentes ramos encontra-se a probabilidade de ocorrência do evento final (falha ou êxito) ou de cada um dos acontecimentos finais (árvore de acontecimentos).

Por outro lado, as árvores lógicas em que os eventos não estão associados a uma probabilidade de ocorrência, e que, para atingir o objetivo final, avaliam todas as circunstâncias que podem gerar perigo e todos os sistemas de proteção, assim como seus efeitos e resultados, são consideradas como métodos qualitativos (LOPES, 2004).

2.6.5 Método de Gretener

O Método de Gretener é um dos mais importantes e difundidos métodos de avaliação de risco de incêndio. Idealizado na década de 60, pelo engenheiro suíço Max Gretener, então diretor da Associação de Proteção Contra Incêndio da Suíça, visava atender às necessidades das companhias de seguro. Este método foi publicado em 1965, e adotado pelo Corpo de Bombeiros em 1968, para avaliação dos meios de proteção contra incêndio das edificações. Em 1984, depois de ter sido revisado por um grupo de especialistas que adaptou o método ao atual conhecimento e experiência suíça e internacional, foi publicado pela SIA - Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes), sendo denominado SIA - 81 "Método de avaliação de risco de incêndio" (SILVA, 2001).

Em 1987, o método de Gretener serviu também de base para as normas Austríacas que foram publicadas pela Liga Federal de Combate a Incêndio da Áustria. Em dezembro de 1996, o SIA-81 foi revisado e atualizado, e também serviu de base para a Comissão de Estudos da ABNT E 24:201-03 para a elaboração da norma sobre o potencial de risco de incêndio nas edificações (SILVA, 2001).

De acordo com Araújo (2004), o método de Gretener baseia-se na análise do processo do incêndio, determinando os fatores que promovem o seu desenvolvimento, mensurando os riscos de ativação em função do tipo de ocupação e ainda avaliando a contribuição das medidas de segurança para a redução do risco incêndio, presentes nas edificações.

A esse respeito, Lopes (2004), estabelece que o método de Gretener é utilizado para avaliar e comparar o nível de risco de incêndio, com base em conceitos alternativos entre diferentes tipos de edificações. Os diversos parâmetros e seus respectivos pesos utilizados para calcular o risco de incêndio neste método, foram obtidos por consenso do meio técnico e científico, com base em dados estatísticos testados pela sua larga aplicação prática.

Silva (2001), descrevendo o procedimento de cálculo do método de Gretener, afirma que a segurança da edificação é verificada se o fator global de segurança “ γ_{fi} ” for maior ou igual a 1,0 sendo “ γ_{fi} ” determinado, em cada compartimento, através da seguinte expressão:

$$\gamma_{fi} = 1,3 \frac{N.S.E}{R.A.M}$$

Onde:

γ_{fi} = fator global de segurança;

N = fator associado às medidas normais de proteção contra incêndio;

S = fator associado às medidas especiais de proteção contra incêndio;

E = fator associado às medidas construtivas da edificação;

R = fator associado ao risco de incêndio;

A = fator associado ao risco de ativação do incêndio em função do tipo de compartimento;

M = fator associado à mobilidade das pessoas.

2.6.6 Método FRAME

O método FRAME foi desenvolvido a partir do método de Gretener e de diversos outros métodos similares de avaliação de risco de incêndio, tem por objetivo avaliar o risco de incêndio das edificações sob os aspectos patrimoniais (R), da segurança das pessoas (R_1) e das atividades desenvolvidas (R_2) nestas edificações. Este método, como nos demais similares, parte do princípio que existe um equilíbrio entre os fatores de perigo e as medidas de proteção contra o incêndio existentes em uma edificação (LOPES, 2004). De maneira geral, a expressão genérica para a determinação do risco global é dada a seguir:

$$R = \frac{P}{A.D}$$

Onde:

P = risco potencial;

A = risco aceitável;

D = nível de proteção.

O risco potencial “P” está associado à densidade da carga de incêndio, ao fator de propagação, a geometria do compartimento, a altura da edificação, o grau de ventilação e à acessibilidade.

O risco aceitável “A” refere-se ao fator de ativação, às condições de abandono e ao conteúdo do compartimento.

O nível de proteção “D” está vinculado à disponibilidade de recursos de água, a qualidade dos meios normais e especiais de proteção contra incêndio, aos fatores de resistência ao fogo dos elementos construtivos, à facilitação dos meios de fuga, e à proteção de pontos estratégicos para a produção do início de incêndio.

2.6.7 Método ERIC

O método de avaliação de risco de incêndio ERIC, foi desenvolvido com base no método de Gretener e caracteriza-se pela avaliação do risco de forma diferenciada para bens (R1) e pessoas (R2), e são obtidos conforme expressões a seguir (OLIVEIRA, 2002):

$$R_1 = \frac{P_1}{M_1}$$

Onde:

R_1 = risco para os bens;

P_1 = fator associado aos perigos para os bens;

M_1 = fator associado às medidas de segurança contra incêndio para os bens;

$$R_2 = \frac{P_2}{M_2}$$

Onde:

R_2 = risco para as pessoas;

P_2 = fator associado aos perigos para as pessoas;

M_2 = fator associado às medidas de segurança contra incêndio para as pessoas;

2.6.8 Método de Análise Global de Risco de Incêndio

O Método de Análise Global de Risco de Incêndio foi desenvolvido pelo Prof. Antônio Maria Claret de Gouveia, da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, inicialmente, para aplicação em sítios históricos, mas com a possibilidade de ser aplicado a quaisquer classes de edificações. Este método, que a seguir será

apresentado, tem por objetivo o balanceamento dos parâmetros de risco e de segurança contra incêndio presente nas edificações.

2.6.8.1. Método de análise global de risco de incêndio – Sítios históricos

Gouveia (2006), conceituando o método afirma que “a análise global de risco é um método que se aplica ao projeto de segurança contra incêndios de edificações. O método permite estimar o risco global de incêndio em uma edificação isolada ou em um conjunto de edificações. Permite também, por meio de simulações em que se consideram diversos cenários de incêndio, determinar o conjunto de medidas ativas e passivas capazes de reduzir o risco de incêndio a um máximo aceitável” (GOUVÊIA, 2006).

Segundo ainda o mesmo autor, a severidade de um incêndio em uma edificação ou a um dado conjunto de edificações, é influenciadas pelos diversos parâmetros e hipóteses que constituem um cenário de incêndio, entre os quais destacam-se:

- a geometria, ocupação e localização do compartimento;
- hipótese sobre o início de ignição, ou seja, a determinação do objeto ou conjunto de objetos mais prováveis de iniciar o incêndio;
- conjunto de medidas inibidoras do desenvolvimento do incêndio e da sua propagação;
- conjunto de circunstâncias favoráveis ao desenvolvimento e propagação do incêndio;
- hipótese sobre a propagação do incêndio;
- hipótese sobre o comportamento dos usuários.

O risco máximo aceitável de uma edificação ou um conjunto de edificações é um parâmetro externo definido em função de diversos fatores de natureza política, social e econômica. Atingir e manter o risco em um valor máximo aceitável deve ser o objetivo do projeto de segurança; é a garantia de que há apenas uma certa

probabilidade, que é aceitável naquele momento, de que a edificação sofra um incêndio (GOUVÊIA, 2006).

Riscos máximos aceitáveis cada vez menores devem ser atingidos, porém resultam em maiores investimentos em segurança contra incêndio. Assim sendo, dominando a técnica de quantificar o risco de incêndio de uma edificação, é possível determinar as limitações que a economia impõe à segurança.

A idéia principal deste método é o balanceamento dos parâmetros de risco e de segurança presentes nas edificações, sendo o coeficiente de segurança contra incêndio obtido pela razão entre os mesmos, conforme a expressão a seguir.

$$\gamma = \frac{S}{R} \geq \gamma_{\min}$$

Onde:

γ = coeficiente de segurança contra incêndio;

γ_{\min} = coeficiente de segurança mínimo admissível;

S = segurança contra incêndio;

R = risco global de incêndio.

O coeficiente de segurança contra incêndio “ γ ” mede o desequilíbrio entre os parâmetros de risco e segurança contra incêndio, onde um valor de “ $\gamma \geq 1$ ” indica uma situação favorável à segurança, e um valor de “ $\gamma \leq 1$ ” indica uma situação desfavorável à segurança contra incêndio.

O coeficiente de segurança mínimo admissível “ γ_{\min} ” é dado em função dos aspectos político-econômico-sociais envolvidos no problema de segurança contra incêndio. As autoridades públicas ainda não atuam explicitamente com o emprego de análise de risco, mas teoricamente o coeficiente mínimo de segurança admissível é dado através de normas técnicas que consideram cenários de incêndio mais desfavoráveis para cada tipo de ocupação das edificações.

A seguir será apresentado o processo para obtenção dos parâmetros de risco e segurança contra incêndio que resultam na determinação do coeficiente de segurança contra incêndio.

2.6.9 Risco global de incêndio (R)

O cálculo do risco global de incêndio é dado pelo produto da grandeza determinística exposição ao risco de incêndio (E), pela grandeza probabilística risco de ativação de incêndio (A), conforme expressão apresentada a seguir.

$$R = E.A$$

Onde:

R = risco de incêndio;

E = exposição ao risco de incêndio;

A = risco de ativação de incêndio.

A exposição ao risco de incêndio (E) é uma grandeza determinística, que mede o potencial de incêndio de uma edificação ou de um conjunto de edificações. O valor de “E” isoladamente não tem maior significado, por isso diz-se que é uma medida relativa, servindo apenas de comparação para entre duas ou mais edificações, neste caso a que tiver maior valor de “E” estará exposta a maior perigo de incêndio.

O método proposto pelo Prof. Antônio Maria Claret de Gouveia elegeu um conjunto de seis parâmetros que predominam na definição de um incêndio, sendo determinado pela seguinte expressão:

$$E = f_1.f_2.f_3.f_4.f_5.f_6$$

Onde:

f₁ = densidade da carga de incêndio;

f₂ = altura do compartimento;

f₃ = distância da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima;

f₄ = condições de acesso a edificação;

f₅ = perigo de generalização

f₆ = importância específica da edificação

Para a determinação da grandeza exposição ao risco de incêndio, o método de análise global de risco, estabelece pesos em função do potencial de incêndio atribuído a cada um dos parâmetros acima descritos. Estes parâmetros e seus respectivos fatores de risco serão apresentados posteriormente no item 2.6.4.1.

2.6.10 Risco de ativação (A)

Os riscos de ativação são determinados para cada um dos compartimentos de uma edificação, ou de um conjunto de edificações, a partir do levantamento de dados, e são calculados através da seguinte expressão:

$$A = A_1.A_{(2,3,4)}$$

Onde:

A_1 = risco de ativação devido à natureza da ocupação;

A_2 = risco de ativação devido à falha humana;

A_3 = risco de ativação devido à qualidade das instalações elétricas e de gás;

A_4 = risco de ativação por descarga atmosférica

Desde que a edificação esteja em uso contínuo, o risco de ativação devido à natureza da ocupação estará sempre presente, entretanto, os riscos de ativação devido à falha humana, a qualidade das instalações elétricas e gás e de proteção contra descargas elétricas, por seu caráter acidental excluem-se mutuamente, devendo-se adotar o maior deles que possa afetar a edificação. Os fatores de risco associados à ativação serão também apresentados posteriormente no item 2.4.6.2.

2.6.11 Segurança (S)

O parâmetro de segurança (S) é uma medida determinística que tem por objetivo, medir o nível da proteção contra incêndio de uma edificação. Este valor é obtido através da atribuição de pesos de acordo com o número e tipo de medidas

de segurança contra incêndio existentes na edificação, aplicando para isso a seguinte expressão:

$$S = S_1.S_2.S_3...S_n$$

Onde:

S_1, S_2, S_3, S_n = fatores de segurança das medidas de proteção contra incêndio.

As medidas de segurança contra incêndio são divididas em cinco classes: medidas sinalizadoras do incêndio, medidas extintivas, medidas de infra-estrutura, medidas estruturais e medidas políticas. Essas medidas serão especificadas no item 2.6.4.3.

2.6.11.1. Parâmetros e fatores de risco de incêndio

Os fatores de risco de incêndio podem ser agrupados em três categorias: a primeira categoria, refere-se aos parâmetros que facilitam o início da ignição e o desenvolvimento de um incêndio, como a densidade da carga de incêndio e sua posição em relação ao pavimento de descarga; a segunda categoria, analisa a facilidade de propagação do incêndio através de pesos atribuídos à distância da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima, condições de acesso à edificação e o perigo de generalização; a terceira categoria, importância específica da edificação, reflete a política de preservação para a edificação ou para um conjunto de edificações. Esses parâmetros e seus respectivos fatores de risco são apresentados a seguir.

2.6.11.1.1. Densidade da carga de incêndio (f_1)

A densidade da carga de incêndio mede a quantidade de energia que pode ser liberada durante a ocorrência de um incêndio, e está relacionada à extensão dos danos que podem ser causados às edificações.

Os fatores de risco devidos à grandeza da carga de incêndio, apresentados na Tabela 2.9 abaixo, foram extraídos da norma SIA-81 (Swiss Federation of Engineers and Architects. Method for fire safety evaluation).

TABELA 2.9 – DENSIDADE CARGA DE INCÊNDIO E FATORES DE RISCO

Densidade da carga de incêndio (MJ/m ²)	f ₁	Densidade da carga de incêndio (MJ/m ²)	f ₁
$q \leq 200$	1,0	$1700 \leq q < 2500$	1,7
$200 \leq q < 300$	1,1	$2500 \leq q < 3500$	1,8
$300 \leq q < 400$	1,2	$3500 \leq q < 5000$	1,9
$400 \leq q < 600$	1,3	$5000 \leq q < 7000$	2,0
$600 \leq q < 800$	1,4	$7000 \leq q < 10000$	2,1
$800 \leq q < 1200$	1,5	$10000 \leq q < 14000$	2,2
$1200 \leq q < 1700$	1,6	$14000 \leq q < 20000$	2,3

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.1.2. Altura do compartimento (f₂)

A altura ascendente do compartimento corresponde à diferença de nível existente entre o piso de descarga da edificação ao ponto mais alto do piso do último pavimento e a altura descendente corresponde à distância do piso de descarga ao ponto mais baixo dos pavimentos subsolos.

Este fator de risco está diretamente associado à dificuldade das ações de combate a incêndio e ao escape dos usuários da edificação, quanto maior a altura ascendente e/ou descendente maiores serão as dificuldades de acesso para o combate ao incêndio e para a fuga dos ocupantes destas edificações.

No método Análise Global de Risco de Incêndio, o fator altura da edificação está vinculado também ao volume do compartimento. Neste método, as edificações são classificadas como Tipo C, H ou V, conforme descrito a seguir:

- Tipo C: edificações que, por suas características construtivas, não permitem ou pelo menos dificultam significativamente a propagação do incêndio nas direções horizontal e vertical. Os elementos de vedação

destas edificações (paredes, pisos e forros) devem possuir resistência ao fogo igual ou superior a 120 minutos e a área de piso não deve exceder a 200m².

- Tipo H: edificações que, por suas características construtivas, não permitem ou pelo menos dificultam significativamente a propagação do incêndio na direção vertical. As paredes de externas de vedação são dotadas de resistência inferior a 120 minutos, sendo os pisos e os forros dotados de resistência igual ou superior a 120 minutos.
- Tipo V: edificações que, por suas características construtivas de seus elementos de vedação (paredes, pisos e forros), não oferecem resistência ao fogo igual ou superior a 120 minutos, permitindo a propagação do incêndio nas direções vertical e horizontal.

A Tabela 2.10 a seguir apresenta os fatores de risco associados ao parâmetro altura do compartimento.

TABELA 2.10 – ALTURA DO COMPARTIMENTO E FATORES DE RISCO

Tipo	Profundidade do Subsolo (m)			Altura do piso mais elevado (m)		
	$S_s \leq 4$	$4 < S_s \leq 8$	$8 < S_s \leq 12$	$H \leq 6$	$6 < S_s \leq 12$	$12 < H \leq 23$
	Fatores f_2					
C	1,0	1,9	3,0	1,0	1,3	1,5
H	1,3	2,4	4,0	1,3	1,6	2,0
V	1,5	3,0	4,5	1,5	2,0	2,3

Fonte: GOUVÊIA, 2006.

2.6.11.1.3. Distância do Corpo de Bombeiros (f_3)

O parâmetro de risco “distância entre a edificação e o Corpo de Bombeiros” visa avaliar o tempo de resposta da unidade da corporação de bombeiros mais próxima. Naturalmente, quanto mais cedo se iniciar o combate, menos a severidade esperada do incêndio. A Tabela 2.11 a seguir traz os valores dos fatores de risco em relação a distância do Corpo de Bombeiros.

TABELA 2.11 – DISTÂNCIA DO CORPO DE BOMBEIROS E FATORES DE RISCO

Tipo	Denominação	d (km)	f₃
I	Muito próximo	$d \leq 1$	1,0
II	Próximo	$1 \leq d < 6$	1,25
III	Medianamente distante	$6 \leq d < 11$	1,6
IV	Distante	$11 \leq d < 16$	1,8
V	Muito distante ou inexistente	$d > 16$	4,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.1.4. Condições de acesso à edificação (f₄)

Neste parâmetro são analisados os fatores de exposição ao risco de incêndio associados às condições de acesso às fachadas da edificação e da disponibilidade de água para combate ao incêndio (Tabela 2.12).

TABELA 2.12 – CONDIÇÕES DE ACESSO E FATORES DE RISCO

Acesso	Descrição	f₄
Fácil	Acesso da viatura a pelo menos duas fachadas da edificação, quando esta é do tipo C ou H, ou a três fachadas, quando a edificação é do tipo V; hidrante público a até 75 m da edificação ou instalação de hidrante interno ou externo à edificação.	1,0
Restrito	Acesso a uma só fachada, quando a edificação é do tipo C ou H, ou a duas fachadas, quando a edificação é do tipo V; hidrante público a até 75 m da edificação ou instalação de hidrante interno ou externo à edificação.	1,25
Difícil	Acesso a uma só fachada da edificação; hidrante público a até 75 m da edificação ou instalação de hidrante interno ou externo à edificação.	1,6
Muito difícil	Acesso a uma só fachada da edificação; hidrante público a mais de 75 m da edificação.	1,9

Fonte: GOUVÊIA, 2006.

2.6.11.1.5. Perigo de generalização (f_5)

Os fatores de risco deste parâmetro foram determinados por consenso técnico considerando a presença de características de isolamento de risco nas paredes externas, fachadas e, especificamente, para as edificações localizadas em sítios históricos, nas empenas e coberturas (Tabela 2.13).

TABELA 2.13 – PERIGO DE GENERALIZAÇÃO E FATORES DE RISCO

Tipo	Elemento construtivo	Descrição	f_5
I	Paredes	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 2.14.	1,0
	Fachadas	Incombustíveis, com abertura obedecendo a Tabela 2.14.	
	Empenas	Incombustíveis, com resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas.	
	Cobertura	Incombustível ou combustível protegida em uma faixa de pelo menos 1,5 m a partir das bordas.	
II	Paredes	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 2.14.	1,5
	Fachadas	Incombustíveis, com abertura obedecendo a Tabela 2.14.	
	Empenas	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 2.14.	
	Cobertura	Combustível sem a faixa de proteção de largura 1,5 m a partir das bordas.	
III	Paredes	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 2.14.	2,0
	Fachadas	Combustíveis ou com aberturas acima dos limites da Tabela 2.14.	
	Empenas	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 2.14.	
	Cobertura	Combustível sem a faixa de proteção de largura 1,5 m a partir das bordas.	

continua

Tipo	Elemento construtivo	Descrição	f₅
IV	Paredes	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 2.14.	3,0
	Fachadas	Combustíveis ou com aberturas acima dos limites da Tabela 2.14.	
	Empenas	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 2.14.	
	Cobertura	Combustível sem a faixa de proteção de largura 1,5 m a partir das bordas.	

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.1.6. Importância específica da edificação (f₆)

Esta é uma medida típica da política de preservação dos órgãos públicos que tem o efeito de elevar a exposição ao risco de incêndio, exigindo que mais medidas de segurança sejam adotadas para atender ao coeficiente de segurança mínimo. No caso das edificações em sítios históricos os fatores de risco associado à importância específica da edificação foram atribuídos por consenso técnico, de acordo com os recursos disponibilizados aos bens tombados pelos município, estado e união, conforme Tabela 2.14 a seguir.

TABELA 2.14 – IMPORTÂNCIA ESPECÍFICA DA EDIFICAÇÃO E FATORES DE RISCO

Tipo de tombamento	f₆
Tombamento em todos os níveis	1,2
Patrimônio histórico da humanidade	1,5
Tombada pela união	1,7
Tombada pelo estado	1,9
Tombada pelo município	2,2

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.2. Parâmetros e fatores de risco de ativação

Os riscos de ativação podem ser reunidos em três classes:

- riscos decorrentes diretamente da atividade humana;
- riscos decorrentes das instalações;
- riscos devidos a fenômenos naturais.

2.6.11.2.1. Riscos decorrentes da atividade humana (A_1 e A_2)

Os riscos de ativação decorrentes da atividade humana podem ser originados pela natureza da ocupação (A_1) e pela falha dos usuários das edificações (A_2).

Operações de qualquer natureza, capazes de gerar temperaturas suficientemente elevadas para iniciar a ignição em alguns objetos, podem resultar em um risco de ativação de incêndio em qualquer um dos cômodos de uma edificação.

Assim sendo, um dos critérios para definir os fatores de risco de ativação decorrentes da natureza da ocupação, são as faixas de temperaturas presentes nos processos desenvolvidos na edificação. A Tabela 2.15 a seguir, apresenta os fatores de risco de acordo com as temperaturas encontradas nos processos desenvolvidos no interior das edificações.

TABELA 2.15 – CARACTERIZAÇÃO DAS OCUPAÇÕES E FATORES DE RISCO DE ATIVAÇÃO

Caracterização das ocupações realizadas na edificação	A_1
Operações que envolvem temperaturas inferiores a 40° C	1,0
Operações que envolvem temperaturas entre 40° C e 250° C	1,25
Operações que envolvem temperaturas superiores a 250° C	1,50

Fonte: GOUVÊIA, 2006

Outra forma alternativa para a definição dos fatores de risco de ativação devido a natureza da ocupação, consiste em considerar somente o tipo de ocupação da edificação. Esses fatores são apresentados na Tabela 2.16 abaixo.

TABELA 2.16 – RISCOS DE ATIVAÇÃO DEVIDOS À NATUREZA DA OCUPAÇÃO E FATORES DE RISCO

Descrição	Grupo	A₁
Habitações unifamiliares, multifamiliares e coletivas	A	1,25
Hotéis, pensões, pousadas, apart-hotéis e assemelhados	B	
Escolas de todos os tipos, espaços para a cultura física, centros de treinamento e outros	E	
Estabelecimentos comerciais e centro de compras	C	1,50
Escritórios, agências bancárias, oficinas de eletrodomésticos, laboratórios fotográficos, de análises clínicas e químicos	D	
Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, boates, clubes e salões de baile	F-6, F-8	
Locais de reunião de público, que não os anteriores	F-1 a F-11	1,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

Os fatores de risco de ativação devido a falha humana, apresentados na Tabela 2.17, visa medir o nível de educação e de vigilância exercida pelos dos usuários da edificação em relação a segurança contra incêndio.

TABELA 2.17 – RISCO DE ATIVAÇÃO DEVIDO A FALHA HUMANA E FATORES DE RISCO

Descrição	A₂
Usuários treinados e reciclados no treinamento ao menos uma vez por ano	1,0
Usuários treinados e reciclados no treinamento ao menos uma vez a cada dois anos	1,25
Usuários não treinados	1,75

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.2.2. Riscos decorrentes das instalações (A₃)

As instalações elétricas e de gás executadas em desconformidade com as normas técnicas, inserem um risco significativo de ativação de incêndio nas edificações. A Tabela 2.18, apresenta os fatores de risco associados à qualidade das instalações elétricas e de gás.

O aquecimento indevido de fios condutores de energia elétrica e a geração de centelhas provocadas por curtos circuitos fornecem uma fonte inicial de calor o que pode propiciar o início da ignição. Da mesma forma, o gás em contato com o ar pode gerar uma mistura de grande inflamabilidade, a qual pode ser facilmente ativada.

TABELA 2.18 – QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DE GÁS E FATORES DE RISCO

Caracterização das instalações	A₃
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso e manutenção regulares	1,0
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso inadequado (extensões sem projeto) e manutenção irregular	1,25
Instalações não projetadas segundo as normas técnicas aplicáveis	1,50

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.2.3. Riscos devidos a fenômenos naturais (A₄)

Dentre os fenômenos naturais que podem iniciar um incêndio em uma edificação, destaca-se, pelo número de ocorrências, as descargas atmosféricas. No método proposto, o critério de avaliação para a determinação dos fatores de risco de ativação devido a fenômenos naturais, considera, como no caso das instalações elétricas e de gás, a existência de projeto específico de acordo com as normas técnicas aplicáveis e o grau de manutenção do sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Os fatores de risco são dados na Tabela 2.19.

TABELA 2.19 – RISCO DE ATIVAÇÃO POR DESCARGA ATMOSFÉRICA E FATORES DE RISCO

Caracterização das instalações	A₄
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso e manutenção regulares	1,0
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; manutenção irregular	1,25
Projeto inexistente	1,50

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.3. Medidas e fatores de segurança

As medidas de segurança contra incêndio podem ser reunidas em cinco classes: medidas sinalizadoras do incêndio, medidas extintivas, medidas de infraestrutura, medidas estruturais e medidas políticas.

A atribuição dos pesos às medidas de segurança, que serão a seguir especificadas, foi dada através da experiência dos profissionais da área, tendo como base a expectativa de que os efeitos dessas medidas possam atuar na extinção do incêndio em qualquer uma de suas fases ou, pelo menos, de controlar a sua propagação.

2.6.11.3.1. Medidas sinalizadoras do incêndio (S₁, S₂ e S₃)

As medidas sinalizadoras visam detectar o início de incêndio e comunicá-lo aos usuários ou aos profissionais incumbidos do primeiro combate. Essas medidas englobam os sistemas de alarme incêndio e detecção de calor e de fumaça, seus pesos são dados conforme apresentado na Tabela 2.20.

TABELA 2.20 – MEDIDAS SINALIZADORAS DO INCÊNDIO E FATORES DE SEGURANÇA

Descrição	S	FS
Alarme de incêndio com acionamento manual	S ₁	1,5
Detector de calor e de fumaça	S ₂	2,0
Detector de calor e fumaça com transmissão automática do sinal de alarme para o Corpo de Bombeiros ou para a central de segurança	S ₃	3,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.3.2. Medidas extintivas (S₄, S₅, S₆, S₇, S_{8a}, S_{8b})

As medidas extintivas, apresentadas na Tabela 2.21, visam extinguir o incêndio em qualquer uma de suas fases. Atuam na interrupção da reação de combustão pela eliminação de um dos elementos essenciais para a sustentação do fogo, combustível, comburente e calor.

TABELA 2.21 – MEDIDAS EXTINTIVAS DO INCÊNDIO E FATORES DE SEGURANÇA

Descrição	S	FS
Aparelhos extintores	S ₄	1,0
Sistema fixo de gases	S ₅	6,0
Brigada de incêndio em plantão durante o expediente	S ₆	8,0
Brigada de incêndio em plantão permanente	S ₇	8,0
Instalação interna de chuveiros automáticos	S _{8a}	10,0
Instalação externa de chuveiros automáticos	S _{8b}	6,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.3.3. Medidas de infra-estrutura (S₉, S₁₀, S₁₁)

As medidas de infra-estrutura tem por objetivo tornar possível as atividades de combate ao incêndio, tais como os sistemas de hidrantes e reservas de água. A Tabela 2.22 fornece as medidas de infra-estrutura consideradas no método proposto e os fatores de segurança correspondentes.

TABELA 2.22 – MEDIDAS DE INFRA-ESTRUTURA E FATORES DE SEGURANÇA

Descrição	S	FS
Sistema de hidrantes internos à edificação e mangotinhos com abastecimento por meio de reservatório público	S ₉	6,0
Sistema de hidrantes internos à edificação e mangotinhos com abastecimento por meio de reservatório particular	S ₁₀	6,0
Reserva de águas	S ₁₁	1,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.3.4. Medidas estruturais (S₁₂, S₁₃, S₁₄, S₁₅)

As medidas estruturais visam dotar as estruturas das edificações de resistência mínima ao fogo de acordo com o grau de proteção desejado, através da adoção de materiais estruturais adequados ou pelo uso de proteção isolantes térmicos. A Tabela 2.23 traz as classes de resistência ao fogo utilizadas como medidas de segurança e os respectivos fatores de segurança.

TABELA 2.23 – MEDIDAS ESTRUTURAIS E FATORES DE SEGURANÇA

Resistência ao fogo da estrutura (min)	S	FS
≥ 30	S ₁₂	1,0
≥ 60	S ₁₃	2,0
≥ 90	S ₁₄	3,0
≥ 120	S ₁₅	4,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.3.5. Medidas políticas (S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₁₉)

As medidas políticas, mostradas na Tabela 2.24, procuram promover a atuação dos usuários e dos profissionais quando da ocorrência de um incêndio, com o objetivo de ordenar suas ações contribuindo para a redução da severidade do incêndio.

TABELA 2.24 – MEDIDAS POLÍTICAS E FATORES DE SEGURANÇA

Descrição	S	FS
Planta de risco	S ₁₆	1,0
Plano de intervenção	S ₁₇	1,2
Plano de escape	S ₁₈	1,2
Sinalização das saídas de emergência e rotas de fuga	S ₁₉	1,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

2.6.11.3.6. Princípio da não exclusão e da exceção segura

O princípio da não exclusão tem por objetivo assegurar que as edificações possuam pelo menos uma medida de segurança de cada classe. Este princípio, embora limite a liberdade de escolha do projetista, atua sempre a favor da segurança, impedindo que as medidas de segurança sejam concentradas apenas em determinadas classes.

Por outro lado o princípio da exceção segura, permite ao profissional de projeto majorar os fatores de risco que justificadamente lhe pareçam subestimados, com o objetivo de promover uma maior segurança contra incêndio à edificação.

2.7 REFERENCIAIS SOBRE CIDADES E MEIO URBANO

De acordo com Coelho (2004), a cidade pode ser definida como um espaço dinâmico em constante transformação, cuja complexidade abrange diversas atividades e relações entre grupos sociais. Segundo ainda o autor, a necessidade humana de se inter-relacionar e de se organizar em torno do bem estar comum fez com que surgissem as cidades, que se intensificam na medida da diversidade proporcionada pela vida urbana.

Rolnik (1994) considera que cidade pode ser definida como um ímã que atrai, reúne e concentra os homens, onde necessariamente nunca se está só. Isso é claramente observado nos terminais de ônibus nas horas de pico, nas saídas de jogos de futebol e nas ruas principalmente onde ocorre a regulação dos fluxos do cotidiano.

A esse respeito, Souza (2003), define a cidade como um assentamento humano, inserido em um determinado espaço físico, onde ocorre o desenvolvimento de diversas atividades econômicas e a interação de pessoas com base nos mais variados interesses e valores.

Quanto ao meio urbano, Moreira (1999) define-o como sendo o resultado de relações dos homens com o espaço construído e da natureza com a população e as atividades humanas. O espaço construído é resultante da intensa transformação do ambiente para torná-lo adequado às necessidades do adensamento humano e para convertê-lo em hábitat da população e das atividades humanas.

Villaça (1986) afirma que a produção do espaço urbano pode ser analisada também sob a ótica da reprodução do capital. Segundo o autor há fortes razões para se acreditar que as exigências da acumulação do capital determinam a organização do espaço regional, enquanto a organização do espaço intra-urbano ou do ambiente urbano construído seriam determinadas pelas relações e condições de consumo.

Para Mota (1999), o planejamento urbano pode ser definido como um processo abrangente e integrado, não se limitando à simples ordenação do espaço, mas envolvendo aspectos econômicos, sociais, físico-territoriais, ecológicos e

administrativos, visando não somente a conservação dos recursos ambientais, mas, sobretudo, a adequada qualidade de vida.

Ao ser definido como um processo, o planejamento urbano adquire um caráter contínuo e dinâmico, com constantes retroalimentações, sendo baseado na multidisciplinaridade inerente à integração das diversas áreas envolvidas (HARDT e HARDT, 2004). Porém, devido a esse dinamismo, as recentes configurações urbanas têm mostrado, sobretudo, os desgastes ambientais e os desajustes sociais existentes, gerando as condições mais adversas, relacionadas à pobreza e a exclusão social (LIMA, 2000).

A esse respeito, Maricato (2002) afirma que cada vez mais as cidades têm se caracterizado pela elevada densidade demográfica, resultando na intensa concentração de áreas construídas e a conseqüente impermeabilização do solo. Segundo o autor, a presença desses fatores no meio urbano fez com que surgissem áreas de sub-habitações, poluição das águas e do ar, enchentes, desmoronamentos, violência e epidemias, dentre outros problemas.

A partir do século XX, as cidades brasileiras sofreram um rápido processo de urbanização. Este crescimento acentuado, em muitos casos de forma desordenada, deu origem a diversos problemas ambientais e sociais, tornando-se um grande desafio a ser enfrentado pelo planejamento e desenho urbano, não apenas no âmbito físico das cidades, mas também em seus aspectos de regulamentação social, política, econômica e ambiental (MARTINS, 2003).

Dentre os impactos decorrentes da urbanização acelerada, destaca-se o aumento da precariedade habitacional, o que acaba gerando situações de risco, como desastres provocados por erosão, enchentes e deslizamentos; contaminação fontes de abastecimento de água; epidemias e doenças provocadas por umidade e falta de ventilação nas moradias improvisadas ou por esgotos que circulam a céu aberto, dentre outras situações de risco (GROSTEIN, 2001).

Diante disso, observa-se que o rápido adensamento das cidades sem que poder público pudesse fazer frente à demanda de infra-estrutura necessária para atender a toda população, fez com que surgissem os diversos assentamentos urbanos, com seus inerentes riscos sociais e ambientais, entre eles o risco de

incêndio. O item 2.8 a seguir apresenta alguns referenciais sobre a questão dos assentamentos urbanos precários.

2.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE ASSENTAMENTOS URBANOS

O problema da habitação popular, assim como, a dificuldade do poder público de fazer frente a essa crescente demanda, não é recente, porém, mesmo este fenômeno sendo há tempos conhecido, as denominações dos assentamentos humanos variaram muito no decorrer do tempo. Inicialmente, estes assentamentos construídos pelas populações de baixa renda, eram denominados ilegais, uma vez que contrariavam praticamente todas as normas de construção. Entretanto, a denominada ilegalidade assumiu tais dimensões que não pode mais ser ignorada, principalmente pelo fato de que a grande parcela da população considerada “ilegal” era formada por eleitores, cujos votos eram disputados pelos políticos, desta forma, gradativamente os assentamentos ilegais passaram a ser denominados informais. Recentemente, porém, devido às proporções tomadas pela informalidade, tais assentamentos passaram a ser denominados de espontâneos, que politicamente soa melhor do que assumir que a metade da população urbana é ilegal ou informal (PAIVA, 2003).

As dificuldades conceituais que cercam o tema, assim como a inexistência de dados nacionais comparáveis que apontem diretamente para esse fenômeno, dão origem a diversas denominações e definições para os assentamentos humanos, quer sejam, irregulares, informais, precários, sub-normais, espontâneos ou favelas. Dependendo do enfoque que é dado ao problema, da linha de pesquisa ou até mesmo da política habitacional dos órgãos governamentais, os assentamentos humanos são denominados de diversas formas.

A esse respeito, Valladares e Preteceille (2000) afirmam que a questão da habitação precária envolve diversas situações distintas como favelas, loteamentos clandestinos, irregulares e cortiços, marcada por intensa heterogeneidade interna. Segundo ainda os autores, mesmo os conjuntos habitacionais construídos pelo poder público em décadas recentes por vezes apresentam avançado estado de

degradação, solicitando atenção por parte das políticas públicas de recuperação da precariedade habitacional e urbana.

Para Taschner (2000), o problema da classificação dos diversos assentamentos urbanos existentes no Brasil poderia ser resolvido pelo IBGE, porém a tentativa de caracterização através da precariedade do material de construção utilizado nas edificações, com a disseminação da alvenaria, tornou esta classificação pouco útil, sendo retirada das pesquisas.

A definição atualmente adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para estes aglomerados urbanos é de assentamentos subnormais, e se refere a uma classificação de setores censitários e não de pessoas ou a domicílios. Segundo ainda o IBGE, esses setores são marcados pela precariedade habitacional e de infra-estrutura, alta densidade e ocupação de terrenos alheios. Entretanto, o estabelecimento dos setores que serão considerados como subnormais é prévio à pesquisa, sendo parte do desenho do trabalho de campo, e tendo como objetivo delimitar os perímetros das áreas de coleta mais difícil. Para o IBGE, o setor especial denominado de aglomerado subnormal é definido como “o conjunto constituído por um mínimo de 51 domicílios, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular), dispostos, em geral, de forma desordenada e densa, e carentes, em sua maioria, de serviços públicos essenciais. Esta definição também se aplica às favelas.

Diante de todas essas definições e para a presente pesquisa, será adotado como assentamento urbano precário a mesma classificação dada pelo IBGE às edificações subnormais.

Analisadas as terminologias de cidade e meio urbano, serão apresentadas a seguir as principais considerações referentes ao risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, que servirão de referencial teórico para a análise de risco proposta no presente trabalho.

2.9 O RISCO DE INCÊNDIO EM ASSENTAMENTOS URBANOS PRECÁRIOS – ESTADO DA ARTE

Apesar dos constantes incêndios ocorridos em assentamentos urbanos precários (favelas), amplamente divulgados pelos órgãos de imprensa, poucos trabalhos com enfoque científico foram publicados acerca deste tema.

Dentre as publicações existentes destacam-se: o Manual de Combate a Incêndio em Habitação Precária - MCIHP, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo e o artigo intitulado Comunicação e Gerenciamento de Risco Ambiental em Favelas e Cortiço Vertical, publicado no IX Simpósio Internacional Processo Civilizador. A primeira publicação aborda a problematização dos incêndios em favelas e estabelece medidas operacionais para as ações de combate ao fogo pelas equipes do Corpo de Bombeiros. Já o artigo, relata uma experiência aplicada em cortiço vertical localizado na Cidade de São Paulo, cujo objetivo era capacitar os moradores para o gerenciamento de risco. A seguir serão apresentados os principais aspectos, referentes à presente pesquisa, relatados nestes dois trabalhos.

De acordo com o MCIHP, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, as dificuldades no controle e na extinção de incêndios em favelas ocorrem, principalmente, devido: a estrutura em que estão construídas, a grande concentração de material celulósico combustível e a deficiência ou mesmo inexistência da rede de hidrantes. Além disso, as habitações são construídas lado a lado sem obedecer a nenhuma disposição arquitetônica, e são por vezes cortados por vielas estreitas e tortuosas, que dificultam a aproximação e a manobra dos caminhões de combate aos incêndios. Normalmente, a grande severidade dos incêndios em favelas é causada por:

- Inexistência de medidas de segurança contra sinistros;
- Abundância de material combustível, especialmente de material celulósico, sem um mínimo de espaçamento entre os prováveis focos de incêndios, facilitando a propagação do fogo de forma generalizada;
- Sobrecargas nas instalações elétricas, provocando superaquecimento das fiações, curtos-circuitos e produção de faíscas, provocado, sobretudo, pelo uso

rotineiro de “gambiarras e ligações clandestinas” que contribui para agravar o problema;

Ainda segundo o MCIHP, ao se examinar as causas profundas dos incêndios, verifica-se que há estreito relacionamento com:

- O baixo nível de desenvolvimento social e cultural das populações vulneráveis.
- O baixo senso de percepção de riscos dos estratos populacionais vulneráveis e, conseqüentemente, uma falta de posicionamento político, sobre o nível de risco aceitável, por parte da sociedade.
- A baixa prioridade relacionada com os estudos dos cenários prováveis destes sinistros, com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas urbanos e rurais aos incêndios.

A esse respeito, Mendes et al. (2005), relata que em favelas as condições de acesso são precárias, de difícil identificação e com vielas estreitas, o abastecimento de água para as ações dos bombeiros é dificultado e o conhecimento da população sobre combate a incêndio é fragmentado, construído muitas vezes na experiência prática de forma difusa e distorcida.

A população, no geral, reage aos riscos conforme a percepção que tem sobre as situações de perigo potencial, mediadas por valores e crenças que se articulam nas diversas variáveis sociais, culturais, políticas, econômicas e psicológicas (JACOBI,1999).

Para Kohara (1999), a maioria dos riscos ambientais existentes em assentamentos urbanos precários está associado à pobreza, notadamente pela presença de habitações precárias, com instalações elétricas perigosas, sem equipamentos de segurança e rotas de fuga, saneamento básico ruim, disposição e coleta de resíduos sólidos deficitária, presença de roedores e insetos decorrente da falta de higiene nos espaços públicos e privados.

Notadamente, percebe-se que há um consenso entre as fontes de consulta, que os perigos de incêndio encontrados em assentamentos urbanos precários são reflexos da condição social vivenciada pelos moradores destes assentamentos.

Observa-se também que os fatores condicionantes do risco de incêndio são freqüentes e comuns a todos os assentamentos urbanos precários, porém efetivamente não há uma quantificação ou mensuração destes riscos, o que dificulta ainda mais a determinação de um coeficiente de segurança mínimo admissível.

As experiências na área de segurança contra incêndio em favelas são, em grande parte, isoladas e de caráter assistencial, baseadas na percepção do risco de acordo com o conhecimento prático do avaliador, que, a partir daí, estabelece as medidas de segurança a serem adotadas.

Ao contrário da assertiva anterior, o trabalho denominado Comunicação e Gerenciamento de Risco Ambiental em Favelas e Cortiço Vertical, de autoria de Mendes et al. (2005), foi baseada em estudos, e relata a experiência de um programa de segurança voltado para a capacitação em prevenção e formação de uma brigada de combate a incêndio, aplicado aos moradores de um conjunto de cinco favelas e um cortiço vertical na cidade de São Paulo.

Segundo ainda os autores, posteriormente, este programa foi ampliado para a capacitação em gerenciamento de risco ambiental e foi baseado na participação popular, na construção do conhecimento, no exercício coletivo de tomada de decisões, na aprendizagem coletiva de novas habilidades e fortalecimento emancipatório dos moradores.

Esta experiência, ainda em fase de construção, apresentou os seguintes resultados parciais:

- A participação mais efetiva dos moradores nas discussões das questões coletivas da comunidade;
- Formação de seis brigadas de incêndio composta pelos próprios moradores da comunidade;
- Fortalecimento da identidade coletiva dos brigadistas;
- Melhoria das condições de segurança contra incêndio da comunidade, evitando a ocorrência de grandes incêndios e conseqüentes perdas humanas e materiais;
- Construção de um manual de segurança contra incêndio pelos moradores das favelas trabalhadas;

- Alteração da percepção dos moradores em relação aos riscos a que eles estão sujeitos, adquirindo novos hábitos;
- O combate de princípio de incêndio pelos moradores na comunidade da Vila Dalva, na cidade de São Paulo, em dezesseis ocorrências, em todas elas, evitando a perda dos bens materiais e salvando vidas.

Com base nessas constatações, torna-se, imperativo que as pesquisas nessa área sejam consolidadas, visando uma padronização da metodologia de avaliação do risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, permitindo desta forma o estabelecimento de políticas públicas de segurança, compatíveis com o risco máximo aceitável, tecnicamente calculado.

Sendo estas as principais considerações encontradas a respeito do risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, apresenta-se a seguir o recorte espacial da pesquisa.

2.10 O MUNICÍPIO DE PIRAQUARA E A REGIÃO DO GUARITUBA

O município de Piraquara, integrante da Região Metropolitana de Curitiba, situa-se a 22,52 quilômetros da Capital do Estado do Paraná, posicionado geograficamente na latitude $25^{\circ} 26' 30''$ S, longitude $49^{\circ} 03' 48''$ W, a uma altitude de 897 metros (IPARDES, 2007). De acordo com o IBGE a população no ano de 2007 era de 82.006 (www.ibge.gov.br, acessado em 11 de Fevereiro de 2008).

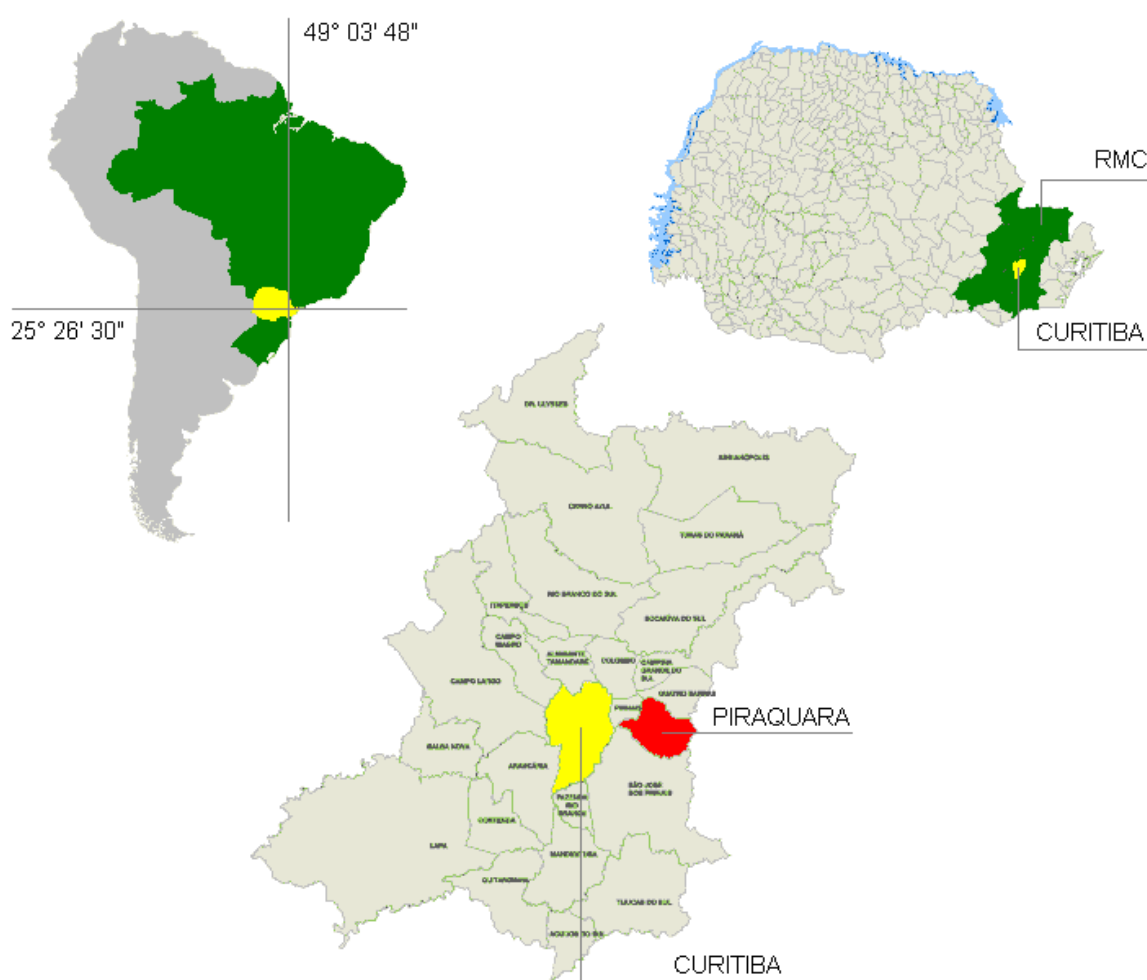


Figura 2.10 – Localização do município de Piraquara na RMC

Fonte: Adaptado, COMEC, 1999

Obs.: sem escala

Piraquara possui uma especificidade em relação aos demais municípios da região metropolitana de Curitiba que é o fato de 93% de seu território situar-se em nascentes de água e 7% em mata atlântica, o que tem lhe valido o nome de “Cidade Berço das Águas”. O município conta com 1.162 nascentes, sendo 1.116 apenas no Rio Iguaçu e outras 56 do Ipiranga e do Nhundiaquara, gera 3.200 litros de água por segundo, sendo responsável pelo abastecimento de água de cerca de 70% da população de Curitiba e cerca de 50% da Região Metropolitana. Também a referência a Piraquara como “cidade-dormitório” é comum, não só entre seus moradores, como também entre a população dos municípios vizinho. Trabalhar e estudar na capital e dormir no município é uma característica forte: do total da população contada no ano de 2000, quase um quarto trabalhava ou estudava fora do município, o que significa 39,17% da população economicamente ativa (disponível em <http://www.piraquara.pr.gov.br>, acessado em 20/08/07).

Sendo assim, o município possui uma das maiores taxas de crescimento do Estado, resultante do próprio inchaço da população de Curitiba, ocasionado entre outras razões, principalmente a partir dos meados dos anos 90, por uma política de valorização da capital como a portadora dos melhores índices de qualidade de vida do país. De fato, grande parte da população que migrou para Curitiba, acabou sendo segregada aos municípios da Região Metropolitana. Resultado disso foi o crescimento de aglomerações urbanas irregulares em toda a região, e, decorrente disso, o agravamento dos problemas sociais (disponível em <http://www.piraquara.pr.gov.br>, acessado em 20/08/07).

O município de Piraquara não fugiu desta realidade, absorvendo grandes contingentes da população carente, atraída principalmente pelo reduzido valor das terras (derivado de suas limitações de uso) e, em poucos anos, assistiu a um crescimento considerável de sua população: entre 1991 e 2000, a população do município aumentou em 9,79%, enquanto a média da RMC foi de 5,23% (TAVARES, 2005).

De acordo com estudo do Ipardes e Observatório das Metrôpoles, Piraquara teve um elevado fluxo de imigração no quinquênio 1995-2000. Chegaram ao município neste período 24.413 imigrantes o que corresponde a 38,1% da população com mais de 5 anos de idade que residia no município no ano de 2000. É

a mais alta taxa de proporção imigratória registrada na Região Metropolitana de Curitiba no período (IPARDES, 2006).

Entre 1992 e 1997, a população em ocupações irregulares saltou de 648 para 15.536 pessoas, representando uma taxa de crescimento média de 69,81% ao ano, o maior crescimento de ocupações irregulares na Região Metropolitana de Curitiba (LIMA, 2001).

Além do incremento da população, num curto espaço de tempo e sem planejamento, fatos que por si só acarretam inúmeros problemas de ordem social, econômica e de gestão, o quadro se agrava quando se considera o fato de que grande parte dessa população vive muito próxima de áreas de captação de água, como é o caso da ocupação da Região do Guarituba que será apresentada a seguir.

2.10.1 O Guarituba

A ocupação denominada Guarituba localiza-se no município de Piraquara, na Região Metropolitana de Curitiba, em uma área de mananciais de abastecimento público composta por parte das bacias dos rios Itaqui, Piraquara e Irai (COHAPAR, 2005).

Segundo informações obtidas junto ao site oficial da Prefeitura Municipal de Piraquara, o Guarituba é atualmente a maior e mais complexa área de ocupação inadequada da Região Metropolitana de Curitiba, composta por aproximadamente 44 mil habitantes (disponível em <http://www.piraquara.pr.gov.br>, acessado em 20/08/07).

Quanto ao planejamento urbano, as diretrizes para a ocupação desta região foram de conservação e ocupação de baixíssima densidade, tanto pela sua fragilidade ambiental e conseqüente restrição física à urbanização, dada pela baixa capacidade de drenagem dos solos, como pelo interesse estratégico de manutenção destas bacias hidrográficas como manancial de abastecimento público. Entretanto, nas últimas duas décadas, somente a legislação restritiva não foi suficiente para conter a ocupação da área (COHAPAR, 2005).

A esse respeito, Lima (2001) afirma que as ações de contenção da ocupação do Guarituba previstas pelas políticas públicas de ordenamento territorial não se viabilizou entre outros fatores, pela falta de atendimento às demandas básicas como habitação, emprego, formação profissional e apoio sociocultural.

A formação do Guarituba é fruto de diversos fatores comuns à urbanização da maioria das metrópoles brasileiras, como o parcelamento inadequado do solo nas décadas de 50 e 60; a falta de programas habitacionais voltados à população de baixa renda; a recessão econômica das décadas de 80 e 90 e a necessidade de proteção de áreas de manancial próximas à malha urbana consolidada (COMEC, 2005).

Esses fatores contribuíram para o aparecimento das maiores áreas de ocupação irregular da Região Metropolitana de Curitiba: a Vila Zumbi dos Palmares, em Colombo; o Jardim Alegria, em São José dos Pinhais, e o Guarituba, em Piraquara.

Apesar de grande parte da área do Guarituba ter sido parcelada nas décadas de 50 e 60, muitos desses loteamentos não foram ocupados até a década de 80, em virtude da falta de infra-estrutura na área e da legislação restritiva. A partir da década de 80, o crescimento populacional da região, a proximidade com Curitiba, o empobrecimento da população e a falta de fiscalização contribuíram para que esses loteamentos fossem ocupados (COMEC, 2005).

Já na década de 90 ocorreram inúmeras ocupações irregulares sobre loteamentos não implantados e sobre glebas não parceladas, o que faz com que o Guarituba hoje tenha predomínio de áreas ocupadas irregularmente, com padrões de urbanização, infra-estrutura e habitação bastante precários, e uma enorme demanda social, urbana e ambiental (COMEC, 2005).

Segundo levantamento cadastral efetuado no ano de 2005 pela Companhia de Habitação do Paraná - COHAPAR, a região do Guarituba possui atualmente 12.597 edificações. Estima-se que 60% do total dessas construções sejam irregulares, sem Alvará da Prefeitura Municipal. De acordo ainda com esse mesmo levantamento, observa-se que aproximadamente 50% das edificações são de alvenaria, e apenas 1% caracterizam-se como barraco, conforme demonstrado no Gráfico 2.1 a seguir.

DISTRIBUIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DE ACORDO COM O TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO EMPREGADO

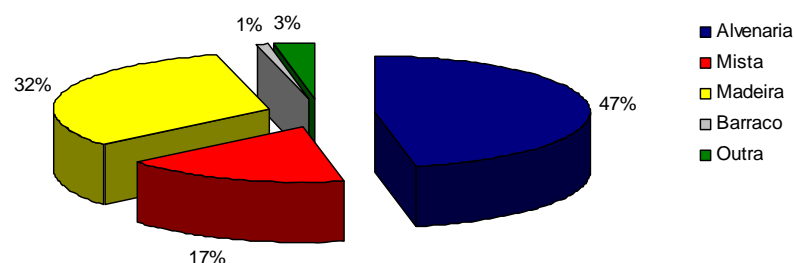


Gráfico 2.1 – Distribuição das edificações de acordo com o tipo de material de construção empregado

Fonte: Adaptado, COHAPAR, 2005

Outro dado importante constatado nesse levantamento é que 51,13% das edificações possuem ligações clandestinas de energia elétrica, os chamados rabichos, responsáveis por diversos acidentes na região, alguns deles fatais. O uso predominante é habitacional, com pontos de comércio de pequeno porte, e, ao longo das vias principais - Betonex e Herbert Trapp - existe uma diversidade de usos comerciais e de serviço, além de espaços para culto religioso. A ocupação desordenada dificulta a circulação na área, pois a implantação da malha viária é parcial e descontínua, e as vias principais não estão implantadas de acordo com sua condição hierárquica. A Figura 2.11 ilustra o adensamento atual da região do Guarituba.

É nesse cenário que se desenvolverá a pesquisa, conforme protocolo discriminado a seguir.

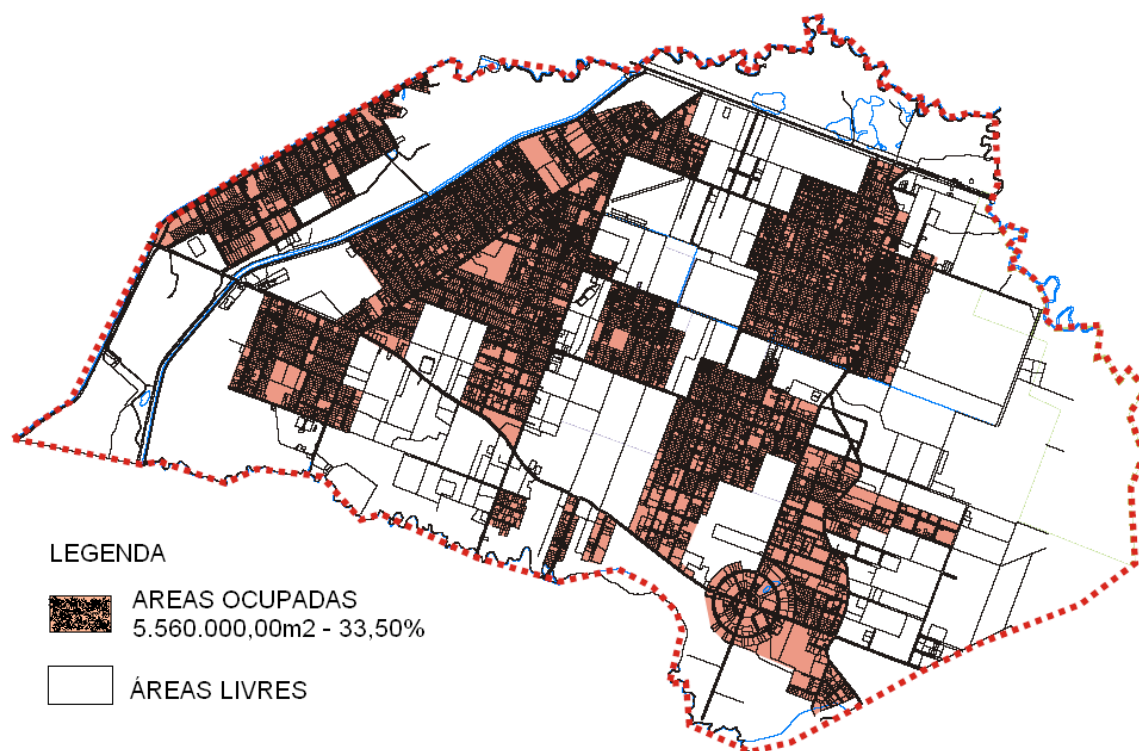


Figura 2.11 – Adensamento atual do Guarituba
Fonte: Adaptado, Cohapar, 2005

CAPÍTULO 3 - MÉTODO DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO

De acordo com Gil (2002), pode-se definir pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas formulados, podendo ser realizada quando não se dispõe de informações suficientes ou quando a informação disponível se encontra de forma desordenada não sendo possível relacioná-las adequadamente ao problema requerido. Segundo ainda o mesmo autor o desenvolvimento de uma pesquisa envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados, sendo necessário para a sua realização apropriar-se dos conhecimentos disponíveis e utilizar de maneira cautelosa de métodos, técnicas e demais procedimentos científicos.

Desse modo, será apresentado a seguir o referencial teórico para a escolha do método de pesquisa adotado, bem como serão detalhadas todas as fases a serem executadas na realização da presente pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As pesquisas de acordo com os seus propósitos são classificadas em: exploratórias, descritivas e explanatórias. Pesquisas exploratórias são usualmente utilizadas para procurar novas introspecções e também para acessar fenômenos sob uma nova ótica. As descritivas, por sua vez, são utilizadas para retratar um perfil de pessoas, eventos ou situações e requerem um conhecimento prévio abrangente do fenômeno a ser estudado. Os experimentos necessitam um controle severo das variáveis envolvidas, e buscam as relações de causa e efeitos dos fenômenos estudados (ROBSON, 1993).

A esse respeito, Gil (2002) afirma que as pesquisas exploratórias têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições: estas pesquisas assumem um planejamento bastante flexível, caracterizando-se sob a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso. Já as pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição das características de determinada população ou

fenômeno, ou então, o estabelecimento de relações entre variáveis, estas pesquisas geralmente assumem a forma de levantamento. Segundo ainda o mesmo autor as pesquisas explanatórias ou explicativas tem como objetivo primordial o estudo de causas e efeitos, utilizando-se quase que exclusivamente do método experimental.

Com base nessas afirmações, conclui-se que o trabalho a ser realizado sobre a análise do risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, que tem por objetivo diagnosticar os fatores que potencializam o risco de incêndio e ainda propor medidas de segurança adequadas a este tipo de aglomerado urbano, caracteriza-se como uma pesquisa do tipo exploratória.

3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO

Conforme a caracterização do problema e de acordo com as justificativas apresentadas a seguir, foram selecionados a revisão bibliográfica e o estudo de caso como métodos de pesquisa a serem adotados para a realização da presente dissertação.

3.2.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica tem o objetivo de conhecer as diferentes formas de conhecimento científico, podendo ser realizada em bibliotecas, institutos, centros de pesquisa e museus, bem como em outros tipos de fontes que possam fornecer dados confiáveis de determinado assunto (OLIVEIRA, 2001)

Segundo Gil (2002) a pesquisa bibliográfica constitui uma etapa de fundamental importância para o desenvolvimento de uma de pesquisa, pois permite conhecer as diversas contribuições científicas a respeito dos assuntos relacionados ao trabalho a ser realizado.

Robson (1993) afirma que a pesquisa bibliográfica é definida como uma investigação de fenômenos já conhecidos e que estão descritos em materiais publicados, como livros, periódicos e impressos diversos.

Desse modo a presente pesquisa traz em seu Capítulo 2, o referencial teórico fundamentado principalmente em artigos de periódicos especializados na área de engenharia de incêndio, em normas nacionais e internacionais, bem como em trabalhos de pesquisas anteriormente realizados sobre a análise de risco e a segurança contra incêndio. Esta revisão bibliográfica além de incorporar ao trabalho realizado um referencial sobre o processo de formação dos assentamentos urbanos precários, permite estabelecer critérios para a definição do método de avaliação de risco a ser utilizado e auxilia também na análise dos dados encontrados e na determinação das medidas de segurança contra incêndio possíveis de serem aplicadas.

3.2.2 Experimento

Yin (2005), em seu quadro sobre situações relevantes para a definição da estratégia de pesquisa, mostra que questões do tipo “como” e “porque”, em situações focadas em acontecimentos contemporâneos, com controle sobre eventos comportamentais, são essencialmente respondidas com experimentos.

A esse respeito, Gil (2002) afirma que o método de pesquisa experimento caracteriza-se em determinar um objeto de estudo, selecionando variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definindo as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Portanto, devido à complexidade de se controlar as diversas variáveis existentes na avaliação do risco de incêndio em assentamentos urbanos precário, deduz-se que uma pesquisa experimental não seria adequada ao presente estudo.

3.2.3 Levantamento

Robson (1993) afirma que o levantamento é uma pesquisa do tipo descritiva e pode ser utilizada para retratar um perfil preciso de pessoas, eventos ou situações, podendo ser ainda qualitativa ou quantitativa. Segundo o autor, nesse tipo de pesquisa utiliza-se geralmente um questionário para coletar informações de

um determinado grupo de pessoas com a finalidade de descrever estudos através da análise das opiniões das pessoas pesquisadas.

Yin (2005), em seu quadro sobre situações relevantes para a definição da estratégia de pesquisa, mostra que questões do tipo “quem” e “quantos”, em situações focadas nos acontecimentos contemporâneos, que não exige controle sobre eventos comportamentais, são essencialmente respondidas com levantamentos.

A presente pesquisa, apesar de pretender avaliar qualitativamente e quantitativamente o perfil de um grupo de pessoas com o objetivo de diagnosticar a sua influência na caracterização dos riscos de incêndio de uma determinada região, pretende também avaliar os demais fatores que agregam risco de incêndio nos assentamentos urbanos precários. Assim sendo, conclui-se que o método de pesquisa do tipo levantamento não seria a melhor estratégia a ser selecionada para a realização desta dissertação.

3.2.4 Estudo de caso

Segundo Yin (2005), “o estudo de caso é uma ferramenta de pesquisa abrangente, escolhida para examinar acontecimentos contemporâneos, com capacidade de examinar uma ampla fonte de evidências por observação direta dos acontecimentos estudados e entrevistas com os envolvidos”.

Robson (1993) descreve que estudos de caso são mais apropriados para problemas de pesquisa exploratórios e com aplicação no mundo real. O autor afirma ainda que o estudo de caso envolve a seleção de um caso único e de interesse individual ou de um grupo para estudá-lo no seu contexto.

Para Gil (2002), o estudo de caso envolve uma análise profunda de um ou poucos objetos sob vários pontos de vista, buscando seu amplo e detalhado conhecimento, sendo utilizado na investigação de fenômenos das mais diversas áreas.

Todas as observações acima descritas aliadas à conclusão da caracterização do problema levam a selecionar o Estudo de Caso como método de pesquisa mais adequado a ser utilizado na elaboração do presente trabalho.

O estudo, de caráter exploratório, que visa diagnosticar os fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, será efetuado utilizando como ferramenta de análise uma adaptação do Método de Análise Global de Risco de Incêndio, que foi desenvolvido pelo Professor Antonio Maria Claret de Gouveia, para aplicação em estudos sobre o risco de incêndio de edificações barrocas mineiras, e apresentado no Capítulo 2 da presente dissertação.

O método proposto pelo Prof. Claret, embora inicialmente tenha sido desenvolvido e utilizado para a análise de risco de incêndio em sítios históricos, pode ser aplicado para se estimar o risco global de incêndio em uma edificação isolada ou em um conjunto de edificações, não se restringindo a um grupo específico de ocupações. A escolha deste método baseou-se na hipótese de que as características encontradas nos estudos efetuados na cidade barroca mineira de Ouro Preto, tais como elevada densidade de carga de incêndio e facilidade de propagação de fogo entre edificações adjacentes, também são verificadas nos assentamentos urbanos precários.

Visando o atendimento dos objetivos da presente pesquisa, o método aplicado passou por adaptações para adequação às demais características do assentamento urbano precário analisado. A seguir será apresentado o conjunto de etapas realizadas no presente estudo, considerando as adequações do método de análise de risco de incêndio selecionado para aplicação em assentamentos urbanos precários.

3.3 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO NA REGIÃO DO GUARITUBA NO MUNICÍPIO DE PIRAQUARA-PARANÁ

A seguir será apresentado o protocolo para a realização do presente estudo de caso, que pretende analisar o risco de incêndio em um conjunto de edificações de um assentamento urbano precário localizado na região do Guarituba no município de Piraquara, na Região Metropolitana de Curitiba-Paraná.

A opção de efetuar o estudo no Guarituba justifica-se em razão da incidência de incêndios residenciais ocorridos nesta região nos últimos anos,

conforme constatado no sistema de registro de ocorrências do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná.

Segundo o anuário estatístico do Corpo de Bombeiros, no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2007, dos 112 incêndios residenciais registrados no município de Piraquara, 53 ocorreram na região do Guarituba, o que corresponde a 47% do total de incêndios registrados naquele município. Devido à forma de registro de ocorrências que era adotada pelo Corpo de Bombeiros do Paraná até o final do ano de 2004, não foi possível obter o número de incêndios residenciais ocorridos na região do Guarituba nos anos anteriores a 2005.

Porém observa-se de acordo com notícias veiculadas por órgãos da imprensa nos anos anteriores a 2005, que os incêndios residenciais na região do Guarituba além de recorrentes, causaram vítimas fatais, como por exemplo o caso relatado a seguir.

Incêndio causa morte de três crianças

Uma vela acesa pode ter sido a causa da tragédia ocorrida na noite de terça-feira, em Piraquara, na Região Metropolitana de Curitiba. Três crianças morreram em um incêndio, que começou pouco antes das 22 horas. Os irmãos Karin, 2, Kevin, 3, e Kauane Brumkowski, 4, estavam sozinhos em casa. Duas outras crianças, de 5 e 6 anos foram salvas.

Quando o Corpo de Bombeiros chegou ao local o fogo já havia sido controlado por vizinhos. Uma ambulância do Siate acompanhou o caminhão do Corpo de Bombeiros, mas as crianças já estavam mortas (disponível em <http://www.bonde.com.br/bondenews> acessado em 24/08/07).

Além das justificativas anteriores, atualmente o Guarituba é a maior e mais complexa área de ocupação inadequada da Região Metropolitana de Curitiba, composta por aproximadamente 44 mil habitantes, população esta superior a maioria dos municípios localizados no Estado do Paraná. A intensa ocupação ocorrida de forma desordenada por uma população de baixa renda fez com que surgissem núcleos de habitações precárias, sem infra-estrutura e saneamento básico. Nestes locais observa-se que as construções foram executadas sem a autorização e acompanhamento do poder público, gerando edificações sem recuos e afastamentos laterais mínimos, dificultando o acesso de caminhões de bombeiros e contribuindo para a propagação de incêndio entre as edificações.

Finalmente, observa-se que as características deste assentamento urbano precário reproduz de forma satisfatória as demais ocupações irregulares ocorridas na Região Metropolitana de Curitiba, principalmente na década de 90, podendo esse estudo servir de referência para a análise de risco de incêndio nos demais assentamentos urbanos precários localizados na RMC.

3.3.1 Definição da unidade-caso: Setor Jardim das Orquídeas

Inicialmente o objetivo da pesquisa era efetuar a análise do risco de incêndio de toda a região do Guarituba, porém esta hipótese foi descartada em razão do elevado número de residências que deveriam ser avaliadas para se obter uma amostra significativa.

Segundo dados da Companhia de Habitação do Paraná - COHAPAR, em um levantamento realizado no ano de 2005, a Região do Guarituba possui 8.258 lotes com um total de 13.008 residências cadastradas.

Além disso, conforme orientação de líderes comunitários locais e da própria Secretaria de Ação Social da Prefeitura Municipal de Piraquara, o acesso a determinadas áreas da Região do Guarituba, poderia provocar um desconforto aos moradores, gerando um risco significativo às equipes de coleta de dados. Dessa forma, diante das dificuldades apresentadas procurou-se definir uma área de estudo em que se pudesse representar satisfatoriamente às características urbanas de todo o Guarituba, sendo definido, após reunião com representantes da associação de moradores e da Prefeitura Municipal local, o Setor Jardim das Orquídeas como área de atuação da presente pesquisa (Figuras 3.1 e 3.2).

O Setor Jardim das Orquídeas teve seu adensamento iniciado ao longo de uma das principais vias de acesso ao Guarituba, a Rua Herbert Trapp, e se espalhou longitudinalmente, contando atualmente com 1915 lotes. Observa-se que as edificações adjacentes à Rua Herbert Trapp possuem melhores condições de habitação e infra-estrutura, tornando-se precárias a medida em que os lotes se distanciam desta rua principal. Esta característica encontrada no Setor Jardim das Orquídeas se reproduz em toda a Região do Guarituba, justificando a escolha deste setor como unidade-caso.



Figura 3.1 – Reunião para definição da unidade-caso
Fonte: Autor, 2007

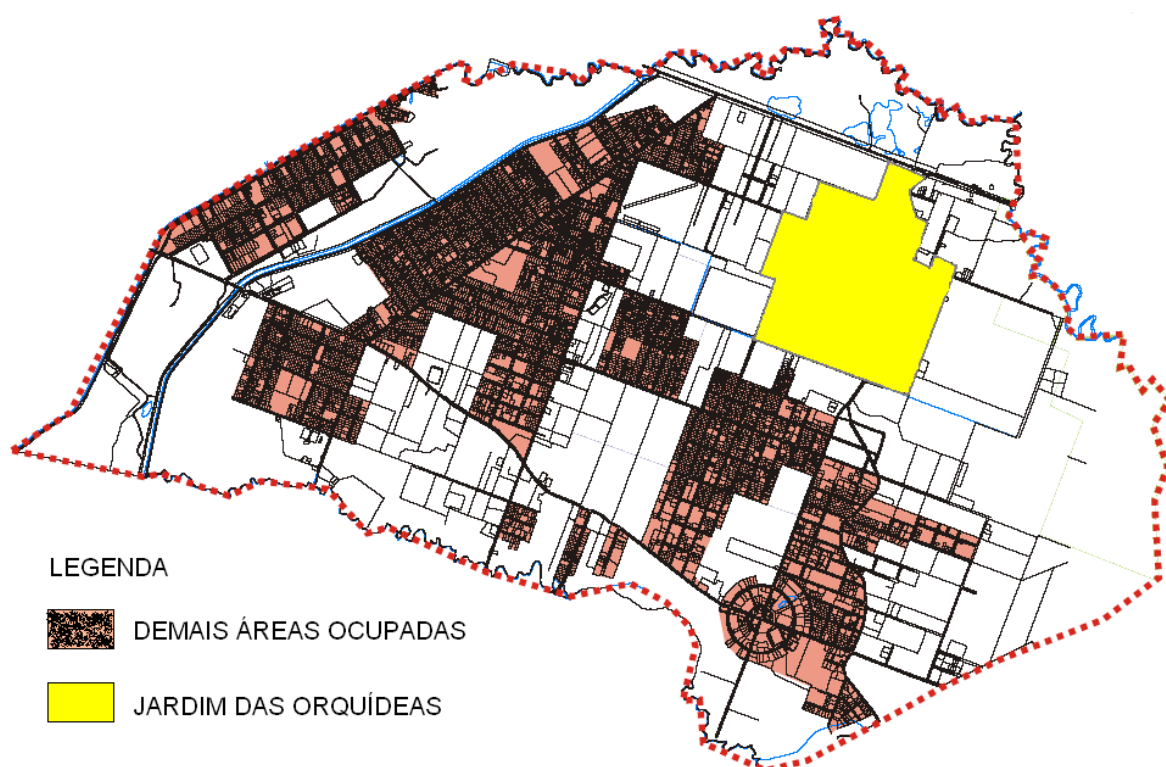


Figura 3.2 – Localização do Setor Jardim das Orquídeas – Área do levantamento
Fonte: Adaptado, COHAPAR, 2005

3.3.2 Elaboração do instrumento de coleta de dados

Para obtenção dos dados necessários à análise de risco global de incêndio das edificações do Setor Jardim das Orquídeas na Região do Guarituba, foi elaborado um formulário com base na proposta apresentada no trabalho de pesquisa sobre o risco de incêndio em sítios históricos, sendo as informações agrupadas conforme Tabela 3.1. O formulário completo encontra-se nos anexos da presente dissertação.

TABELA 3.1 – ITENS NECESSÁRIOS PARA A ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS

Grupo de dados	Itens a considerar
Ambientais	Meio ambiente
	Condições de acesso de bombeiros e equipamentos
	Tempo resposta dos bombeiros
Características construtivas	Tipo de construção
	Geometria e interconexão dos espaços
	Subdivisão interna da edificação
	Dimensões
	Número de pavimentos
	Afastamento dos vizinhos
	Posição da cobertura em relação aos vizinhos
	Abertura das fachadas
Ocupantes	Número e agrupamento social
	Distribuição no espaço e no tempo
	Caracterização dos usos
	Mobilidade e estado de atenção dos ocupantes
Cômodos	Acabamento de paredes, pisos e forros
	Aberturas: dimensões e afastamentos
	Conteúdo combustível
	Fontes potenciais de início de ignição
Segurança	Medidas de segurança implementadas
Instalações	Condições das instalações elétricas
	Condições das instalações de GLP

Fonte: Adaptado, GOUVÊIA, 2006

Os aspectos ambientais visam avaliar a severidade esperada do incêndio devido às condições de acesso das equipes de combate ao fogo e equipamentos e ainda do tempo de resposta da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima (GOUVEIA, 2006).

No Método de Análise Global de Risco de Incêndio, o fator do tempo de resposta do Corpo de Bombeiros está vinculado à distância da edificação até a unidade de bombeiros mais próxima. Na Região do Guarituba embora esta distância não seja significativa, menos de 6,0 km da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima, para a majoração do risco, houve a necessidade de incluir no formulário de coleta de dados a avaliação da dificuldade ou até mesmo da impossibilidade de acesso de viaturas do Corpo de Bombeiros.

Os dados referentes às características construtivas têm como objetivo avaliar as condições de desenvolvimento e da propagação interna e externa do incêndio. Neste aspecto foram avaliadas a combustibilidade das paredes das edificações adjacentes, seu percentual de aberturas e as condições de isolamento de risco.

De acordo com Gouveia (2006), deve-se descrever a divisão em planta da edificação, buscando-se identificar os compartimentos e a forma como eles se comunicam, principalmente em relação às dimensões das aberturas.

O grupo de dados sobre as instalações elétricas e de GLP, bem como os dados relativos aos ocupantes da edificação serão utilizados para a determinação do risco de ativação de incêndio.

A descrição de todos os cômodos, com um rigoroso detalhamento dos materiais de revestimento e acabamento de pisos, paredes e tetos e ainda a identificação dos materiais combustíveis em cada compartimento, permitirá determinar a densidade da carga de incêndio da edificação.

3.3.3 Pré-teste do instrumento de coleta de dados

Após a elaboração do formulário de coleta de dados foi realizado um pré-teste para detectar possíveis problemas, como a falta de informações relevantes ou então problemas de interpretação das questões elaboradas. O formulário foi aplicado inicialmente em um conjunto de 10 edificações do Jardim das Orquídeas sendo considerado apto para aplicação em campo.

3.3.4 Determinação do tamanho e seleção da amostra

Para que os dados obtidos num levantamento sejam considerados significativos, é necessário que a amostra seja constituída por um número adequado de elementos, determinados através de ferramentas estatísticas (GIL, 2002).

Segundo Triola (1999), amostras com um número de elementos excessivamente acima do necessário acarretam em desperdício de tempo e dinheiro, por outro lado, amostras demasiadamente pequenas podem levar a resultados não confiáveis.

Desse modo, optou-se neste trabalho de pesquisa, pela verificação do tamanho da amostra necessária, através da aplicação da fórmula apresentada a seguir.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ = escore igual a 1,95, referente a um grau de confiança estatística de 95%;

σ = desvio padrão da população de onde se pretende amostrar;

E = margem de erro representada pela diferença máxima provável entre a média da amostra e a média da população.

De acordo ainda com Triola (1999), caso o valor do desvio padrão da população de onde se pretende amostrar não seja conhecido, pode-se utilizar um valor preliminar obtido com base na primeira coleção de pelo menos 31 valores amostrais selecionados aleatoriamente. Neste caso, segundo o autor, deve-se calcular o desvio padrão amostral e utilizá-lo em lugar do desvio padrão da população.

Diante da impossibilidade de obtenção dos dados preliminares de pelo menos 31 valores amostrais, optou-se pela determinação do tamanho da amostra através da média da densidade da carga de incêndio e o seu respectivo desvio padrão, das 10 edificações avaliadas durante a fase do pré-teste dos instrumentos de coleta de dados.

Neste levantamento preliminar, a média da densidade da carga de incêndio encontrada foi de 1927 MJ/m^2 com um desvio padrão 762 MJ/m^2 .

Assim sendo, adotando respectivamente esses valores, como a média da densidade da carga de incêndio e o desvio padrão da população que se pretende amostrar, conclui-se que o número de lotes necessários para que a amostra seja considerada significativa, com 95% de confiança e com uma margem de erro de 5%, corresponde aproximadamente a 240 lotes.

Com a definição do Setor Jardim das Orquídeas como unidade-caso, e com a obtenção do número de lotes necessários para compor uma amostra significativa, passou-se a seguir para a determinação dos critérios de seleção da amostra.

Segundo Gil (2002), o rigor na seleção da amostra tende a aproximar os resultados obtidos em um levantamento dos resultados que seriam obtidos caso fosse possível pesquisar todos os elementos do universo. Segundo ainda o autor, a amostragem pode ser efetuada das seguintes formas:

- **Amostragem aleatória simples:** consiste basicamente em atribuir a cada elemento do universo um número único, para depois, selecionar alguns desses elementos de maneira casual.
- **Amostragem sistemática:** é uma variação da amostragem aleatória simples. Sua aplicação requer que a população seja ordenada de tal forma que cada um de seus elementos possa ser unicamente identificados pela posição.

- **Amostragem estratificada:** caracteriza-se pela seleção de uma amostra de cada subgrupo da população considerada. O fundamento para delimitar os subgrupos ou estratos pode ser encontrado em propriedades como sexo, idade ou classe social.
- **Amostragem por conglomerados:** é indicada em situações em que é bastante difícil a identificação de seus elementos. É o caso, por exemplo, de pesquisas cuja população seja constituída por todos os habitantes de uma cidade. Em casos desse tipo, é possível proceder-se à seleção da amostra a partir de “conglomerados”, que podem ser quarteirões, famílias, organizações, edifícios, fazendas, etc.
- **Amostragem por cotas:** este tipo de amostragem é muito utilizado em pesquisas eleitorais e de mercado, tendo como principal vantagem seu baixo custo.

Desse modo, para que a amostra representasse de forma significativa todos os tipos de habitações do Setor Jardim das Orquídeas, sem perder o caráter aleatório da escolha, foi adotado o tipo de amostragem por conglomerados, selecionando três lotes de cada quadra com formato aparentemente regular.

A região a ser estudada foi dividida em 8 setores, sendo cada setor composto por 30 lotes, identificados por diferentes cores. Esta divisão foi efetuada com o objetivo de operacionalizar o levantamento pelas diversas equipes de apoio, e visando também a análise posterior em cada setor. As Figuras 3.3 e 3.4 a seguir mostram a divisão do setores a serem avaliados, conforme segue abaixo:

- Setor 1 – Amarelo;
- Setor 2 – Verde;
- Setor 3 – Laranja;
- Setor 4 – Vermelho;
- Setor 5 – Azul;
- Setor 6 – Roxo;
- Setor 7 – Marrom;
- Setor 8 – Rosa.



Figura 3.3 – Mapa do Jardim das Orquídeas com a divisão dos setores para levantamento de campo
 Fonte: Autor, 2007

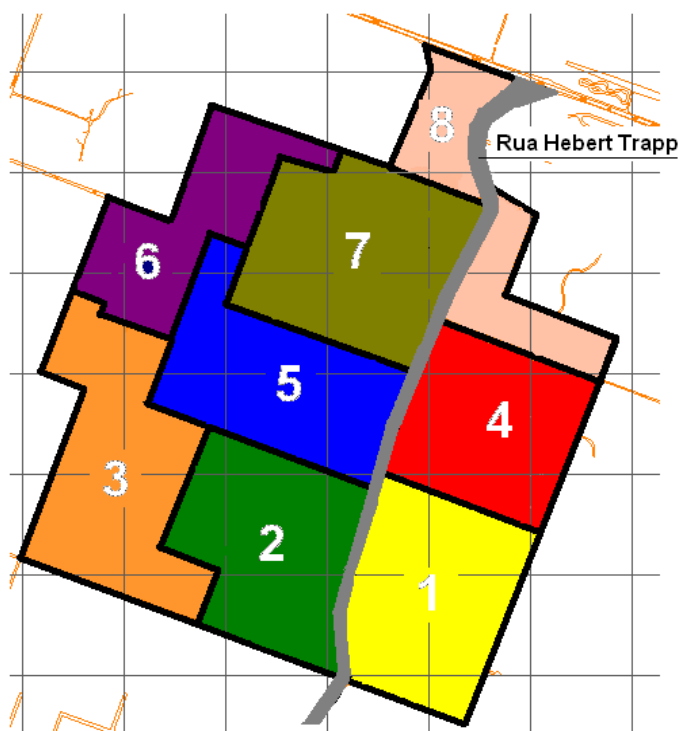


Figura 3.4 – Divisão dos setores para o levantamento de dados

3.3.5 Coleta de dados

O processo de coleta de dados foi realizado no período de 17 a 21 de setembro de 2007 e contou com a colaboração de 18 Cadetes do Curso de Formação de Oficiais – Bombeiros Militares da Academia Policial Militar do Guatupê, da Polícia Militar do Paraná. Antes, porém, da realização deste trabalho de campo por parte das equipes de Cadetes, foi realizado um treinamento com os mesmos com a intenção de instruí-los sobre os objetivos da pesquisa e também sobre o correto preenchimento do formulário de levantamento de dados (Figuras 3.5 e 3.6).

Cada equipe era formada por 2 Cadetes, que deveriam percorrer todos os lotes do setor sob a sua responsabilidade e que foram anteriormente definidos no processo de seleção da amostra.

Como a definição dos lotes a serem levantados teve por base um mapa da região do Guarituba fornecido pela Prefeitura Municipal de Piraquara, não foi

possível quando da escolha dos mesmos, determinar se havia ou não edificações nesses lotes.

Para evitar que o levantamento deixasse de ser efetuado pela ausência de edificações no lote ou então pela não permissão dos ocupantes das edificações a serem avaliadas, ficou estabelecido que nestes casos a equipe deveria proceder o levantamento no lote adjacente à direita, e não sendo possível neste, no lote adjacente a esquerda, procedendo sucessivamente dessa maneira, até que obtivesse sucesso.

A cada novo período de coleta de dados eram realizadas reuniões com as equipes de coleta de dados com o objetivo de detectar possíveis falhas no formulário, dúvidas de preenchimento ou interpretação evitando dessa maneira que se coletasse dados enviesados.

Como medida adicional de controle externo, foram revisadas “in loco” pelo autor deste trabalho, 3 levantamentos de cada equipe, aleatoriamente escolhidas. As Figuras, 3.7 e 3.8, mostram as equipes de apoio em trabalho de campo.



Figura 3.5 – Treinamento com as equipes de apoio
Fonte: Autor, 2007



Figura 3.6 – Treinamento com as equipes de apoio
Fonte: Autor, 2007



Figura 3.7 – Equipe de apoio em trabalho de campo
Fonte: Autor, 2007



Figura 3.8 – Equipe de apoio em trabalho de campo
Fonte: Autor, 2007

3.3.6 Análise e interpretação dos dados

A análise e interpretação dos dados serão efetuadas através da aplicação do Método de Análise de Risco de Incêndio, que tem por objetivo medir o balanceamento das medidas que dificultam e favorecem a ocorrência de um incêndio. Desse modo, após o levantamento de campo, os dados serão tabulados eletronicamente para a determinação dos parâmetros e fatores de risco de incêndio, das medidas e fatores de segurança e dos parâmetros e fatores de risco de ativação. A partir daí, será determinado o risco global de incêndio e o coeficiente de segurança do conjunto de edificações do Setor Jardim das Orquídeas na Região do Guarituba.

Visando estabelecer um quadro comparativo, a análise dos dados será executada por setores, podendo desta forma, servir de base para a elaboração de um mapa de risco da região avaliada.

Finalmente, com a utilização de gráficos, tabelas e cálculos estatísticos, pretende-se extrair através da análise e interpretação dos resultados, os fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, e as medidas de segurança possíveis de serem aplicadas nesses assentamentos.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta a análise de risco de incêndio realizada em um conjunto de edificações do Setor Jardim das Orquídeas, localizado na região do Guarituba, no município de Piraquara, na Região Metropolitana de Curitiba. O objetivo dessa análise é diagnosticar os fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários, utilizando como ferramenta o método de análise global de risco de incêndio, apresentado no Capítulo 2. Antes, porém, de iniciar a referida análise, será apresentado a seguir algumas considerações sobre as características das edificações da amostra selecionada.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A grande parcela das edificações localizadas no setor Jardim das Orquídeas é caracterizada pela falta de infra-estrutura básica, pela precariedade de suas instalações e pela ausência de elementos construtivos capazes de oferecer resistência mínima ao fogo, contribuindo dessa maneira, para a generalização do incêndio entre os compartimentos de uma mesma edificação ou para a propagação do fogo entre as edificações adjacentes. A Figura 4.1 retrata essa realidade. Nela se pode presumir a fragilidade destas edificações frente a uma situação de incêndio.

Além disso, essas moradias estão localizadas em uma região de ocupação irregular, sem a aplicação de qualquer instrumento de planejamento urbano. Seu sistema viário confuso, formado por vias de acesso principais bem definidas interligadas à ruas estreitas e vielas, insere um importante fator adicional de risco, caracterizado pela dificuldade de acesso dos caminhões de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros.

Embora essas condições de precariedade sejam predominantes em toda a região, o Guarituba apresenta alguns contrastes, principalmente em relação às edificações localizadas ao longo das principais vias de acesso ao bairro. Nesta faixa, encontram-se as residências com melhores padrões construtivos, geralmente edificadas em alvenaria, e com um sistema viário bem definido. Também nesta

faixa, as edificações são atendidas pelos sistemas públicos de abastecimento de água, coleta de esgoto e de fornecimento de energia elétrica, o que não ocorre em todas as áreas da região. A Figura 4.2, mostra uma residência localizada à margem da rua Hebert Trapp, a principal via de acesso ao Jardim das Orquídeas.



Figura 4.1 – Precariedade de algumas edificações encontradas no levantamento
Fonte: Autor, 2007



Figura 4.2 – Edificação de alvenaria localizada na Rua Hebert Trapp
Fonte: Autor, 2007

Verifica-se, portanto, que o Guarituba, apesar de ser constituído por diversas habitações precárias, possui características próprias que o diferencia do que habitualmente conhecemos por favelas, onde o aglomerado de edificações é mais adensado, formado basicamente por barracos sem afastamentos entre os mesmos. Essa especificidade do Guarituba, pode ser confirmada pelo afastamento médio existente entre as fachadas laterais e as divisas dos lotes, que fica em torno de 2,28 metros, e pelo padrão das construções, que embora precárias, em grande parte não se configuram como barracos.

Quanto ao material empregado nas construções, predominam a madeira e a alvenaria, porém verifica-se que a madeira ainda é o material mais utilizado. De acordo com o levantamento efetuado, cerca de 50% das edificações são constituídas essencialmente de madeira de reaproveitamento. Nessas residências, a madeira está presente nas paredes de vedação internas e externas, nos pisos, nos tetos e nas estruturas dos telhados. As janelas geralmente são de ferro e nas coberturas são utilizadas telhas de fibrocimento. Os banheiros, na maioria dos casos, possuem pisos de concreto e paredes de vedação executadas em alvenaria de maneira bastante precária. A Figura 4.3 a seguir mostra uma típica residência de madeira encontrada na região do Guarituba.



Figura 4.3 – Edificação de madeira típica da região do Guarituba
Fonte: Autor, 2007

Embora a maioria das edificações definidas como de madeira possua um banheiro em alvenaria, estas, de acordo com os critérios adotados na presente pesquisa, não se caracterizam como edificações mistas. Para efeito desse estudo, foram consideradas edificações mistas, somente aquelas que apresentaram em planta, uma área construída em alvenaria igual ou superior a 30% da área total da edificação. Estas construções mistas, representam 15% do total das residências avaliadas, sendo a alvenaria utilizada principalmente nas paredes de vedação das cozinhas e dos banheiros. Nessas áreas, os pisos geralmente são de concreto e os tetos e as estruturas dos telhados são executados em madeira. Nos demais compartimentos da edificação predomina a madeira. As janelas habitualmente utilizadas são as de ferro e nas coberturas são utilizadas telhas de fibrocimento (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Edificação mista típica da região do Guarituba
Fonte: Autor, 2007

As edificações em alvenaria representam 35% do total das habitações avaliadas. Estas construções utilizam exclusivamente em suas paredes de vedação blocos cerâmicos assentados com argamassa de cimento, por vezes sem qualquer tipo de revestimento. Nos pisos são empregados o concreto e também a madeira. Quanto ao material utilizado nos tetos, apenas 7 das 240 edificações avaliadas possuem laje mista como forro, o que corresponde a 2,92% do total. A Figura 4.5, apresenta uma edificação em alvenaria típica da amostra selecionada.



Figura 4.5– Edificação em alvenaria típica da região do Guarituba
Fonte: Autor, 2007

Com base nos dados obtidos no levantamento efetuado, o Gráfico 4.1 a seguir, mostra a porcentagem das edificações de acordo com o tipo de material utilizado. Observa-se que das 240 construções avaliadas, 121 são de madeira, 84 de alvenaria e 35 mistas, o que corresponde respectivamente a 50%, 35% e 15% do total.

DISTRIBUIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES QUANTO AO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO EMPREGADO

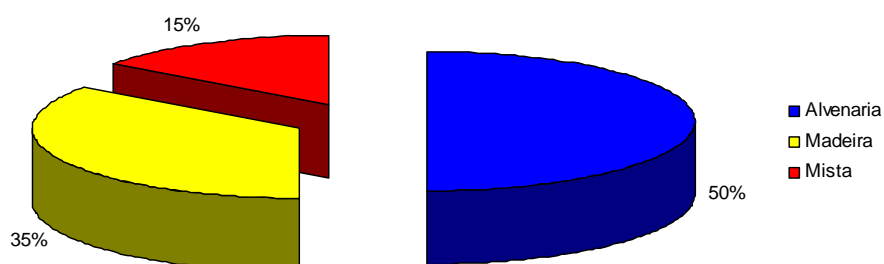


Gráfico 4.1 – Distribuição das edificações quanto ao material de construção empregado

Quanto à área total construída, constatou-se no levantamento realizado, que 87% das edificações possuem área igual ou inferior a 90m². Todavia, a faixa de área que concentra o maior número de habitações, com 93 residências, situa-se entre 31 a 60m², o que corresponde a 39% do total. O Gráfico 4.2 a seguir apresenta a frequência relativa de edificações por faixas de áreas.

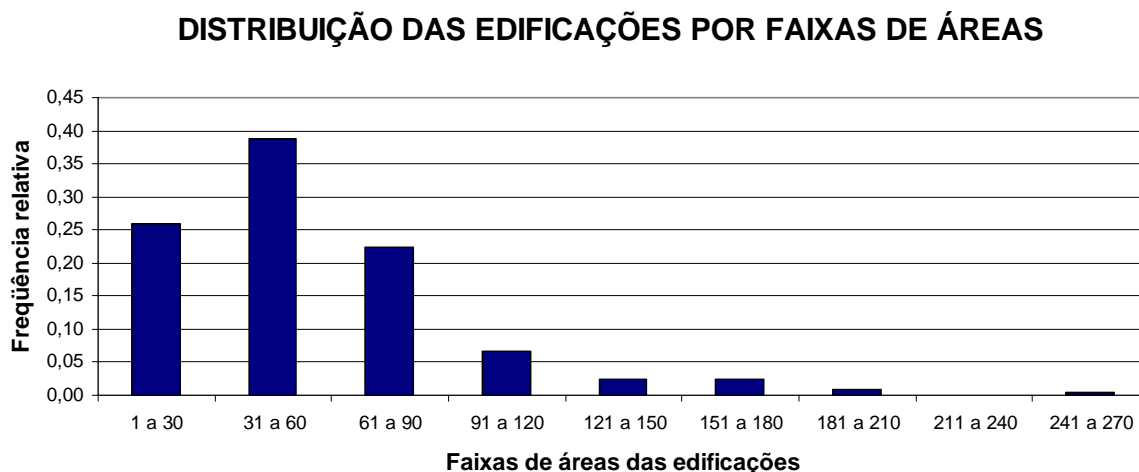


Gráfico 4.2 – Frequência relativa das edificações por faixas de áreas

Além das características apresentadas anteriormente, nota-se ainda que a divisão interna e a distribuição dos cômodos variam de acordo com as dimensões do lote, a área, e o número de ocupantes de cada edificação. Entretanto, essas habitações são constituídas basicamente de sala, cozinha, banheiro e quartos. Nas edificações de até 30m², normalmente a sala e cozinha formam um único ambiente que se comunica diretamente com os quartos e o banheiro. Os lotes geralmente são irregulares e não possuem um padrão em suas dimensões, e em muitos casos, as construções não respeitam os limites pré-definidos das divisas do terreno. Ainda de acordo com o levantamento realizado foi observado que o número médio de ocupantes de cada edificação é de 4 pessoas.

Após a caracterização das edificações da amostra selecionada, será apresentado a seguir os procedimentos adotados para o cálculo da exposição ao risco de incêndio.

4.2 CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO

Conforme apresentado no Capítulo 2, a exposição ao risco de incêndio é calculada através da atribuição de pesos aos parâmetros favoráveis ao desenvolvimento e a propagação do fogo. No presente trabalho, foram utilizados os mesmos parâmetros e fatores atribuídos a análise global de risco de incêndio em sítios históricos, com exceção do parâmetro referente à importância específica da edificação que atribui pesos de acordo com o tipo de tombamento do patrimônio histórico.

Segundo Gouveia (2006), o parâmetro importância específica da edificação tem o efeito de elevar a medida de exposição ao risco de incêndio, resultando em consequência na adoção de mais medidas de segurança para atender ao requisito do coeficiente de segurança mínimo.

Devido ao estado atual da arte, onde não se tem claramente uma política pública de prevenção contra incêndio em assentamentos urbanos precários, optou-se pela não utilização desse parâmetro no cálculo dos fatores de risco de incêndio. Assim sendo, a Tabela 4.1 apresenta os fatores considerados na análise do risco do conjunto de edificações do Setor Jardim das Orquídeas. Os resultados obtidos em cada um dos parâmetros avaliados serão discutidos a seguir, iniciando pela análise da densidade da carga de incêndio.

TABELA 4.1 – PARÂMETROS E FATORES DE RISCO

Parâmetros	Símbolo	Fator
Densidade da carga de incêndio	Q	f ₁
Altura do compartimento	H,S	f ₂
Distância da unidade do CB mais próxima	D	f ₃
Condições de acesso à edificação	-	f ₄
Perigo de generalização	-	f ₅

Fonte: Adaptado, GOUVÊIA, 2006

4.2.1 Densidade da carga de incêndio (f1)

O cálculo da densidade da carga de incêndio foi efetuado com base no inventário constante do formulário empregado para o levantamento dos dados necessários à análise de risco de incêndio em assentamentos urbanos precários.

Para cada edificação avaliada, foi elaborado um croqui contendo informações sobre as dimensões dos compartimentos e de suas respectivas aberturas, bem como os materiais empregados nas paredes de vedação, pisos e tetos. Neste croqui, foi inserido ainda o posicionamento da edificação no lote, podendo ser verificado seus afastamentos em relação às divisas e em relação às outras edificações no mesmo lote. Da mesma forma, para a composição da carga de incêndio foram ainda relacionados todos os móveis, eletrodomésticos e objetos encontrados na edificação, com indicação do tipo de material constituinte e dimensões aproximadas.

Segundo Gouveia (2006), para o levantamento do volume de papéis em gavetas, livros em estantes, roupas e sapatos em armários, há que se considerar diversos graus de compactação. Nos estudos realizados em Ouro Preto foram aplicados coeficiente de redução do volume aparente entre 50% e 70%.

Observou-se porém, durante a fase de pré-teste do instrumento de coleta de dados, a dificuldade de se levantar a quantidade desses materiais combustíveis, sendo adotado nesse caso uma estimativa aproximada do volume aparente de cada material, aplicando-se um coeficiente de compactação de 80%. As Figuras 4.6 e 4.7 retratam essa a dificuldade devido ao acúmulo de materiais combustíveis encontrados em algumas das edificações levantadas.

Quanto ao poder calorífico dos pisos com estrutura em madeira, foi considerada uma densidade de carga incêndio de 456 MJ/m^2 , o que corresponde a um volume de $0,030 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Este valor foi estimado conforme o padrão observado nos pisos em madeira das edificações avaliadas durante a fase de pré-teste do instrumento de coleta de dados.

Analogamente, para os telhados e tetos, adotou-se um consumo de madeira de $0,020 \text{ m}^3/\text{m}^2$, correspondendo a uma densidade de carga de incêndio de 285 MJ/m^2 . Este valor foi atribuído com base na obra de Moliterno (1992), o qual afirma

que o consumo de madeira para telhados varia conforme o vão livre e a quantidade de tesouras, podendo ficar entre 0,020 a 0,040 m³/m². Assim também, para as paredes de madeira foi considerado um volume de 0,025 m³/m² correspondendo a uma densidade de carga de incêndio de 380 MJ/m².



Figura 4.6 – Acúmulo de material combustível observado em uma das edificações
Fonte: Autor, 2007



Figura 4.7 – Acúmulo de material combustível em um dos cômodos da edificação
Fonte: Autor, 2007

Com base nas considerações anteriores e de acordo com as Tabelas 2.5 e 2.6, apresentadas no Capítulo 2, que trazem o poder calorífico de alguns materiais, móveis e equipamentos eletro-eletrônicos, foi determinada a densidade da carga de incêndio de todas as edificações da amostra selecionada. Neste cálculo, segundo as características descritas no item 4.1, cada edificação foi considerada como um único compartimento. O Gráfico 4.3 abaixo, ilustra a variação da densidade média da carga de incêndio nas edificações de acordo com os setores avaliados.

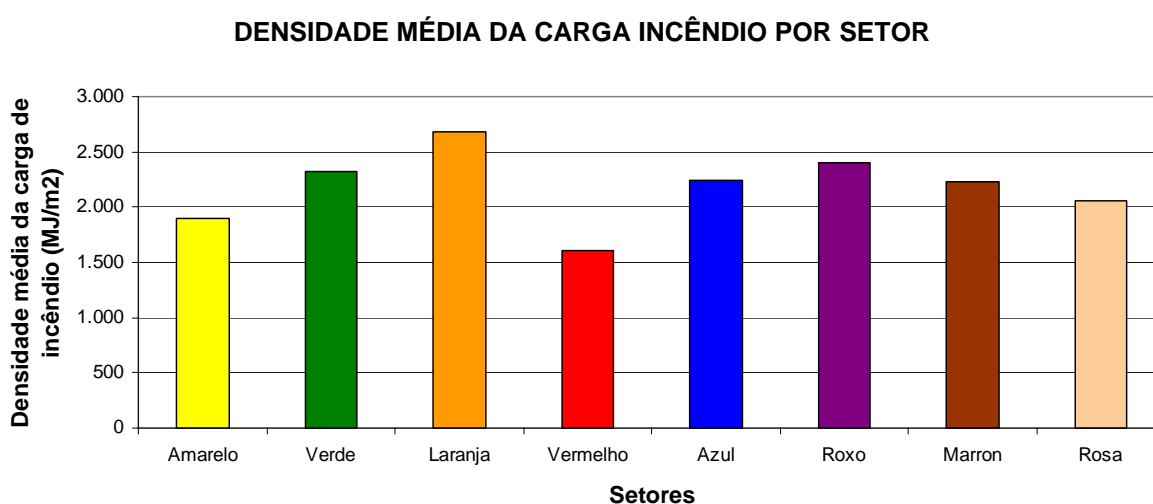


Gráfico 4.3 – Densidade média da carga de incêndio das edificações por setor

Como se pode observar, o conjunto de edificações do Setor Laranja, com $2.685,73 \text{ MJ/m}^2$, foi o que apresentou a maior média da densidade da carga de incêndio. Por outro lado, o Setor Vermelho, com $1.600,27 \text{ MJ/m}^2$, foi o setor que apresentou a menor média na avaliação efetuada. Observa-se ainda, segundo o levantamento realizado, que os valores da densidade da carga de incêndio encontrados, estão diretamente relacionados ao número de edificações de madeira de cada setor. Um exemplo disso pode ser constatado nos setores Laranja e Roxo que apresentaram os maiores números de edificações de madeira, 18 e 17 respectivamente, e em consequência registraram as maiores densidades de carga de incêndio. Da mesma forma, com 9 residências, verifica-se que o Setor Vermelho possui o menor número de edificações de madeira.

Comparando os resultados ilustrados no Gráfico 4.3, com a divisão dos setores apresentadas na Figura 3.2 do Capítulo 3, constata-se que a densidade da carga de incêndio aumenta à medida que as edificações se afastam da via de acesso principal do bairro, neste caso a rua Hebert Trapp.

Além disso, foi constatado também que a densidade média da carga de incêndio encontrada no conjunto das 240 edificações é de $2.182,32 \text{ MJ/m}^2$, com um desvio padrão de $937,60 \text{ MJ/m}^2$. A título de comparação, tomando-se como referência os valores de densidade da carga de incêndio estabelecidos em função da ocupação, pela NBR 14432:2000, verifica-se que a média encontrada supera o máximo dado pela referida norma em 727,44%, que representa um valor excessivamente elevado para a densidade da carga de incêndio admitida para as edificações residenciais.

No cálculo do risco global de incêndio, os fatores de risco associados à densidade da carga de incêndio, variaram de 1,4 para as densidades na faixa de 600 a 800 MJ/m^2 , a 1,9 para as densidades na faixa de 3500 a 5000 MJ/m^2 , o que representa um quociente de variação de 1,35. O fator de risco para a densidade média da carga de incêndio do conjunto de edificações é de 1,7. Esses valores foram obtidos de acordo com a Tabela 2.9 – Densidade da carga de incêndio e fatores de risco, apresentada no Capítulo 2 da presente dissertação.

4.2.2 Altura do compartimento (f2)

Além da densidade da carga de incêndio, outro parâmetro a ser avaliado no cálculo do risco global de incêndio é a altura do compartimento. Conforme descrito no Capítulo 2, a altura ascendente do compartimento corresponde à diferença de nível existente entre o piso de descarga da edificação ao ponto mais alto do piso do último pavimento. Do mesmo modo, a altura descendente corresponde à distância do piso de descarga ao ponto mais baixo dos pavimentos subsolos. Este fator de risco está diretamente associado à dificuldade das ações de combate a incêndio e ao escape dos usuários da edificação. Fica, pois, claro que quanto maior a altura ascendente e/ou descendente, maiores serão as dificuldades de acesso para o combate ao incêndio e para a fuga dos ocupantes destas edificações.

No método proposto o fator altura da edificação está vinculado também ao volume do compartimento, e segundo este parâmetro, as edificações são classificadas como Tipo C, H ou V, conforme descrito a seguir:

- Tipo C: edificações que, por suas características construtivas, não permitem ou pelo menos dificultam significativamente a propagação do incêndio nas direções horizontal e vertical. Os elementos de vedação destas edificações (paredes, pisos e forros) devem possuir resistência ao fogo igual ou superior a 120 minutos e a área de piso não deve exceder a 200m².
- Tipo H: edificações que, por suas características construtivas, não permitem ou pelo menos dificultam significativamente a propagação do incêndio na direção vertical. As paredes externas de vedação são dotadas de resistência inferior a 120 minutos, sendo os pisos e os forros dotados de resistência igual ou superior a 120 minutos.
- Tipo V: edificações que pelas características construtivas de seus elementos de vedação (paredes, pisos e forros), não oferecem resistência ao fogo igual ou superior a 120 minutos, permitindo a propagação do incêndio nas direções vertical e horizontal.

No levantamento efetuado, constatou-se que apenas 3 das 240 edificações possuíam mais de um pavimento, entretanto nenhuma destas superou a altura de 6,0m. Quanto à propagação do incêndio, foi observado que os elementos de vedação (paredes, pisos e forros) encontrados nas edificações avaliadas, não ofereciam resistência ao fogo por um período mínimo igual ou superior a 120 minutos, sendo classificadas portanto, como edificações do tipo V.

A Tabela 4.2 a seguir, apresenta os fatores de risco associados aos parâmetros altura do compartimento e características construtivas dos elementos de vedação, com destaque para o valor 1,5 que foi o fator de risco atribuído a todas as edificações da amostra selecionada.

TABELA 4.2 – ALTURA DO COMPARTIMENTO E FATORES DE RISCO

Tipo	Profundidade do Subsolo (m)			Altura do piso mais elevado (m)		
	$S_s \leq 4$	$4 < S_s \leq 8$	$8 < S_s \leq 12$	$H \leq 6$	$6 < H \leq 12$	$12 < H \leq 23$
	Fatores f2					
C	1,0	1,9	3,0	1,0	1,3	1,5
H	1,3	2,4	4,0	1,3	1,6	2,0
V	1,5	3,0	4,5	1,5	2,0	2,3

Fonte: Adaptado, Gouvêia, 2006

Neste caso, de acordo com os critérios de análise do parâmetro avaliado, e de acordo ainda com as características das edificações em relação a altura, conclui-se que a majoração do perigo incêndio nas edificações do Setor Jardim das Orquídeas se dá somente em função da facilidade de propagação horizontal do incêndio.

Determinado o fator de risco devido à altura do compartimento, o passo seguinte é a avaliação da distância das edificações à unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima.

4.2.3 Distância da edificação ao Corpo de Bombeiros (f3)

Devido à incidência dos incêndios ocorridos na região do Guarituba, o Comando do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná firmou, no ano de 2007, um convênio com a Prefeitura Municipal de Piraquara, para instalação de um quartel junto ao Centro de Ensino e Instrução daquela corporação, que fica localizado na Rodovia Deputado João Leopoldo Jacomel, a menos de 6 km do ponto mais distante do Setor Jardim das Orquídeas.

A implantação desta unidade permitiu a redução do tempo médio de resposta do Corpo de Bombeiros. Em consequência disso, reduziu também a possibilidade de propagação do fogo às residências adjacentes à edificação sinistrada. A Tabela 4.3, destaca os fatores de risco “f3” atribuídos às edificações avaliadas de acordo com as distâncias máximas encontradas.

TABELA 4.3 – DISTÂNCIA DO CORPO DE BOMBEIROS E FATORES DE RISCO

Tipo	Denominação	d (km)	f3
I	Muito próximo	$d < 1$	1,0
II	Próximo	$1 \leq d < 6$	1,25
III	Medianamente distante	$6 \leq d < 11$	1,6
IV	Distante	$11 \leq d < 16$	1,8
V	Muito distante ou inexistente	$d > 16$	4,0

Fonte: GOUVÊIA, 2006

De acordo com os dados levantados, e com base na Tabela 4.3, observa-se que os fatores de risco associados à distância do Corpo de Bombeiros às edificações, variaram de 1,25 para os locais considerados “próximos”, com distâncias inferiores a 6,0 km, a 1,0 para os locais considerados “muito próximos”, com distâncias inferiores a 1,0 km. O quociente de variação neste caso é de 1,25, e a distância média das 240 edificações da amostra selecionada à unidade do Corpo de Bombeiros é de 2,44 km. O Gráfico 4.4 a seguir mostra as distâncias médias de cada setor e a média das distâncias do conjunto de edificações do Setor Jardim das Orquídeas em relação à unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima.

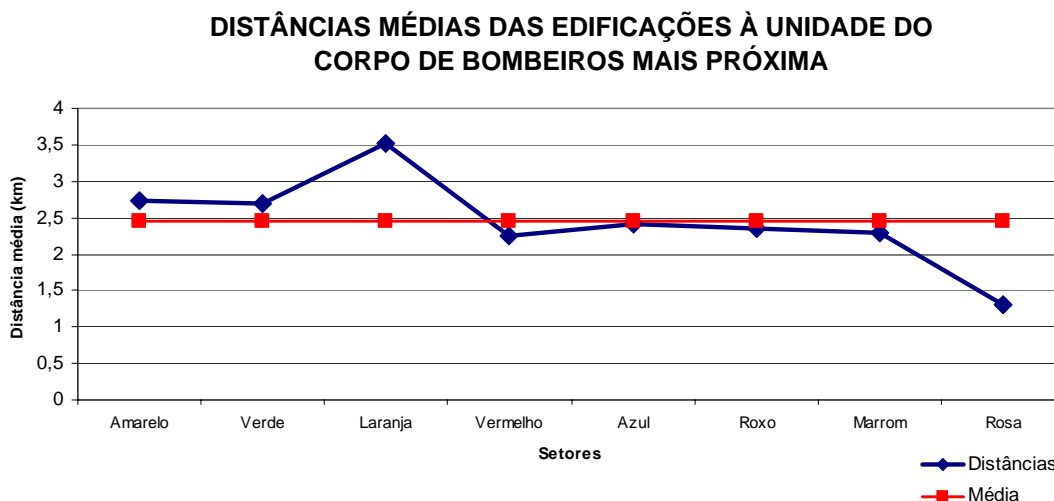


Gráfico 4.4 – Distância média das edificações à unidade do Corpo de Bombeiros

Como se pode observar, devido à instalação de uma unidade do Corpo de Bombeiros a menos de 6,0 km do ponto mais distante da área de estudo, constata-

se que este parâmetro não está contribuindo significativamente para a majoração da grandeza exposição ao risco de incêndio. Cabe ressaltar no entanto, que antes da implantação desta unidade a distância da unidade do Corpo de Bombeiros era superior a 11,0 km, o que elevava significativamente a severidade dos incêndios nesta região.

Por outro lado, a análise simples desta distância não traduz o real tempo de resposta para o início dos trabalhos de combate ao incêndio. Há que se avaliar também as condições de acesso dos caminhões e das equipes do Corpo de Bombeiros às edificações sinistradas.

4.2.4 Condições de acesso à edificação (f4)

A região do Guarituba, apresenta variações significativas em relação às condições de acesso às edificações. Nota-se que as ruas próximas aos acessos principais são bem definidas, e permitem o estabelecimento das viaturas de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros junto à fachada principal dessas edificações. Porém, quanto mais afastada estiver a edificação destes acessos principais, maiores são as dificuldades de tráfego de viaturas de combate a incêndio, tanto pela largura reduzida das vias, quanto pelas instalações elétricas clandestinas que cruzam estas ruas com altura inferior à dos caminhões de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros. As Figuras 4.8 e 4.9 retratam as dificuldades de acesso devido às instalações elétricas clandestinas e largura reduzida das vias.



Figura 4.8 – Dificuldade de acesso devido às instalações elétricas clandestinas
Fonte: Autor



Figura 4.9 – Dificuldade de acesso devido à largura reduzida das vias
Fonte: Autor

Outro fator avaliado neste parâmetro é o número de fachadas possíveis de serem acessadas pelas equipes de salvamento e combate a incêndio do Corpo de Bombeiros. A possibilidade de acesso por todos os lados auxilia no processo de confinamento do incêndio, e reduz a probabilidade de propagação do fogo para as outras edificações.

Nesse aspecto, os coeficientes do fator de risco foram estabelecidos com base nas informações contidas na Tabela 2.12, apresentada no Capítulo 2, com as adequações necessárias às condições de acesso e de operação do Corpo de Bombeiros local. Assim sendo, a Tabela 4.4 a seguir, apresenta os fatores de risco associado ao número de fachadas possíveis de serem acessadas em caso de incêndio, e ainda à distância da viatura do Corpo de Bombeiros à fachada mais próxima da edificação sinistrada.

TABELA 4.4 – CONDIÇÕES DE ACESSO E FATORES DE RISCO

Acesso	Descrição	f4
Fácil	Acesso de bombeiros a pelo menos 3 fachadas da edificação, com distância igual ou inferior a 30 metros da fachada mais próxima à viatura do Corpo de Bombeiros.	1,0
Restrito	Acesso de bombeiros a pelo menos 2 fachadas da edificação, com distância igual ou inferior a 60 metros da fachada mais próxima à viatura do Corpo de Bombeiros.	1,25
Difícil	Acesso de bombeiros a pelo menos 2 fachadas da edificação, com distância igual ou inferior a 90 metros da fachada mais próxima à viatura do Corpo de Bombeiros.	1,6
Muito difícil	Acesso de bombeiros a pelo menos 1 fachada da edificação, com distância igual ou inferior a 120 metros da fachada mais próxima à viatura do Corpo de Bombeiros.	1,9

Fonte: Adaptado, GOUVÊIA, 2006

A majoração do fator de risco a cada 30 metros foi adotada por consenso técnico dos profissionais do Corpo de Bombeiros que atuam na região do Guarituba, considerando o comprimento máximo de 30 metros das mangueiras utilizadas no combate a incêndio.

O Gráfico 4.5 ilustra as condições de acesso das viaturas e equipes do Corpo de Bombeiros às edificações avaliadas. Observa-se que os setores Amarelo, Vermelho e Rosa são os que possuem as melhores condições de acesso, e os setores Laranja e Marrom são os que apresentam as maiores dificuldades para as ações de combate ao incêndio.

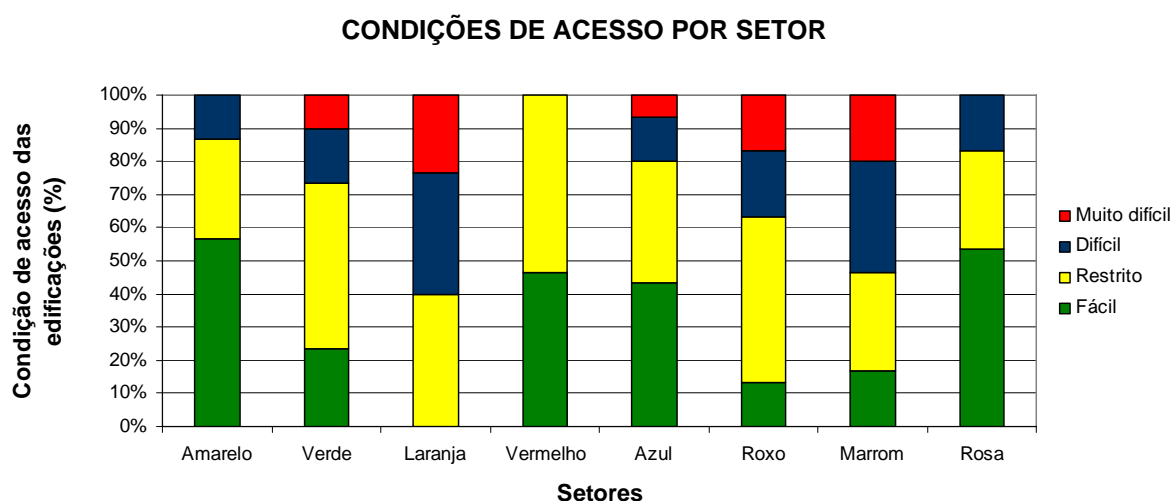


Gráfico 4.5 – Condições de acesso das viaturas e equipes do Corpo de Bombeiros por setor

Quanto ao conjunto de edificações da amostra selecionada, nota-se que 30% das edificações possuem condições de acesso “fácil”, 41% condições de acesso “restrito”, 19% condições de acesso “difícil” e 10% condições de acesso “muito difícil”. O quociente de variação nesse caso foi de 1,9, considerando os pontos extremos das condições de acesso encontradas no levantamento efetuado. Todavia, deve-se levar em conta que apenas 10% das edificações apresentaram a condição de acesso “muito difícil”. O Gráfico 4.6 a seguir, ilustra estas condições.

CONDIÇÕES DE ACESSO AO CONJUNTO DE EDIFICAÇÕES DO JARDIM DAS ORQUÍDEAS

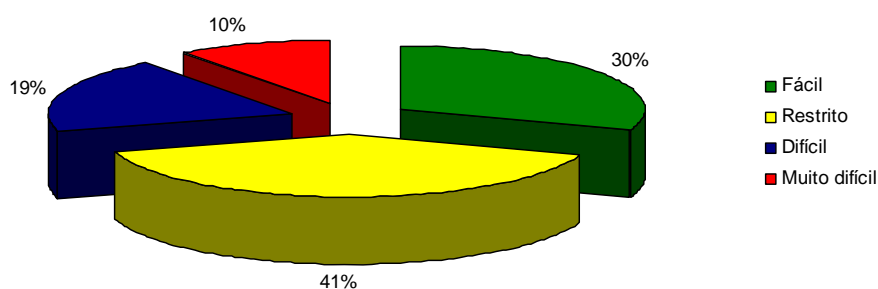


Gráfico 4.6 – Condições de acesso das viaturas e equipes do Corpo de Bombeiros ao conjunto de edificações do Jardim das Orquídeas

4.2.5 Perigo de generalização (f5)

O perigo de generalização do incêndio é um dos problemas detectados na região do Guarituba, principalmente em razão da ausência de isolamento de risco entre as paredes externas e beirais das coberturas de edificações adjacentes. A Figura 4.10 a seguir ilustra a facilidade de propagação do incêndio devido a ausência de isolamento de risco.



Figura 4.10 – Facilidade de propagação do incêndio entre edificações adjacentes
Fonte: Autor

Para a determinação dos fatores de risco associados ao perigo de generalização, foram considerados os tipos de materiais empregados nas paredes externas, tetos, coberturas e beirais de cada edificação. Além disso, nos casos de paredes externas incombustíveis, foi considerada também a distância mínima entre a parede e a divisa, e a área máxima de abertura não protegida existente nessa parede, conforme estabelecido nas Tabelas 4.5 e 4.6.

TABELA 4.5 – PERIGO DE GENERALIZAÇÃO E FATORES DE RISCO

Tipo	Elemento construtivo	Descrição	f5
I	Paredes externas	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 5.6.	1,0
	Teto	Incombustível	
	Cobertura	Incombustível	
	Beiral	Incombustível	
II	Paredes externas	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 5.6.	1,5
	Teto	Incombustível	
	Cobertura	Combustível	
	Beiral	Combustível	
III	Paredes externas	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 5.6.	2,0
	Teto	Combustível	
	Cobertura	Combustível	
	Beiral	Combustível	
IV	Paredes externas	Combustíveis	3,0
	Teto	Combustível	
	Cobertura	Combustível	
	Beiral	Combustível	

Fonte: Adaptado, GOUVÊIA, 2006

Os coeficientes dos fatores de riscos constantes da Tabela 4.5 foram atribuídos com base na Tabela 2.13 do Capítulo 2, com as devidas adaptações, considerando as características construtivas das edificações localizadas no Setor Jardim das Orquídeas. Para as distâncias mínimas entre as paredes externas e as divisas, adotou-se os mesmos parâmetros estabelecidos no método de análise global de risco de incêndio desenvolvido para a edificações de sítios históricos, conforme apresentado na Tabela 2.14 do Capítulo 2.

TABELA 4.6 – PORCENTAGENS DE ÁREAS NÃO PROTEGIDAS

Distância mínima entre a parede e a divisa (m)		Porcentagem total de área não protegida (%)
Grupos de ocupações		
Residencial, escritório, reunião, recreação	Comercial, industrial, depósito e outros usos não residenciais	
Não aplicável	1	4
1	2	8
2,5	5	20
5	10	40
7,5	15	60
10	20	80
12,5	25	100

Fonte: GOUVÊIA, 2006

Observa-se no Gráfico 4.7 a seguir, que todos os setores avaliados, com exceção do Setor Vermelho, possuem mais de 50% de edificações classificadas como “Tipo IV”, que é a situação mais desfavorável em relação à propagação do fogo. De todo o conjunto de edificações avaliadas, 33% foram classificadas como edificações do “Tipo III” e o restante, 67%, foram classificadas como edificações do “Tipo IV”. Não foram registrados na amostra selecionada edificações dos “Tipos I e II”. Este fato constatado representa um dado significativo em relação ao perigo de generalização de incêndio. O quociente de variação nesse caso é de 1,5, considerando os pesos 2,0 e 3,0 atribuídos respectivamente aos tipos de edificação “III” e “IV”.

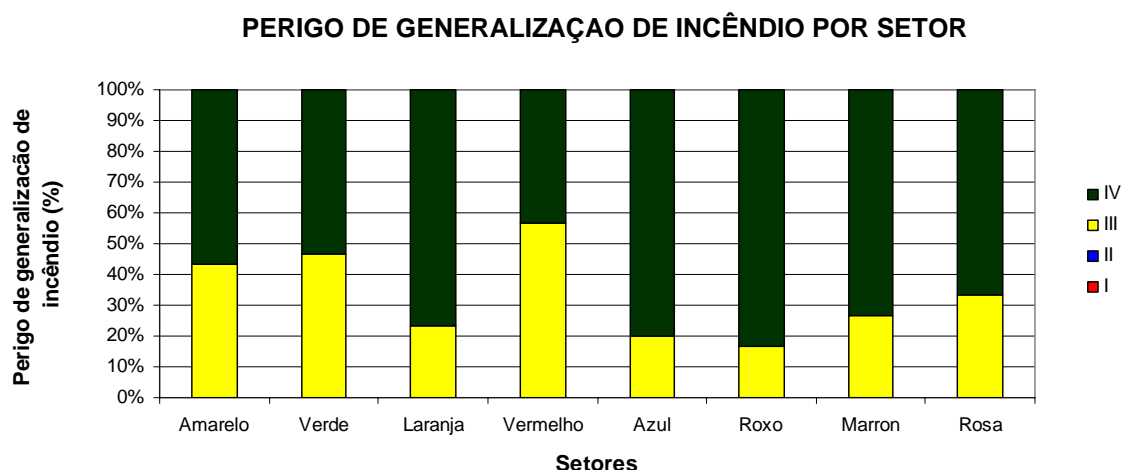


GRÁFICO 4.7 – Perigo de generalização de incêndio em cada setor avaliado

Foi apresentado neste tópico, uma análise dos parâmetros e fatores de risco à que estão submetidas às edificações localizadas no Jardim das Orquídeas. O produto dos valores encontrados para os fatores de risco determinarão a exposição ao risco de incêndio, que será mostrado a seguir.

4.3 DETERMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO

No Capítulo 2, foi estabelecido que a exposição ao risco de incêndio (E) é uma grandeza determinística, que mede o potencial de incêndio de uma edificação ou de um conjunto de edificações. Esta grandeza isoladamente não tem maior significado, mas pode ser utilizada para a comparação entre duas ou mais edificações, neste caso a que tiver maior valor de “E” estará exposta a maior perigo de incêndio. No presente trabalho, o valor da exposição ao risco de incêndio foi calculado individualmente, considerando os fatores de risco de cada edificação, através da seguinte expressão:

$$E = f_1.f_2.f_3.f_4.f_5$$

Onde:

f_1 = densidade da carga de incêndio;

f_2 = altura do compartimento;

f_3 = distância da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima;

f_4 = condições de acesso a edificação;

f_5 = perigo de generalização

Conhecendo os fatores de risco e aplicando a expressão acima, foi possível obter o valor da exposição ao risco de incêndio de cada edificação. A partir daí, foi extraída a média dessa grandeza em cada setor avaliado, sendo os resultados encontrados apresentados no Gráfico 4.8 a seguir.

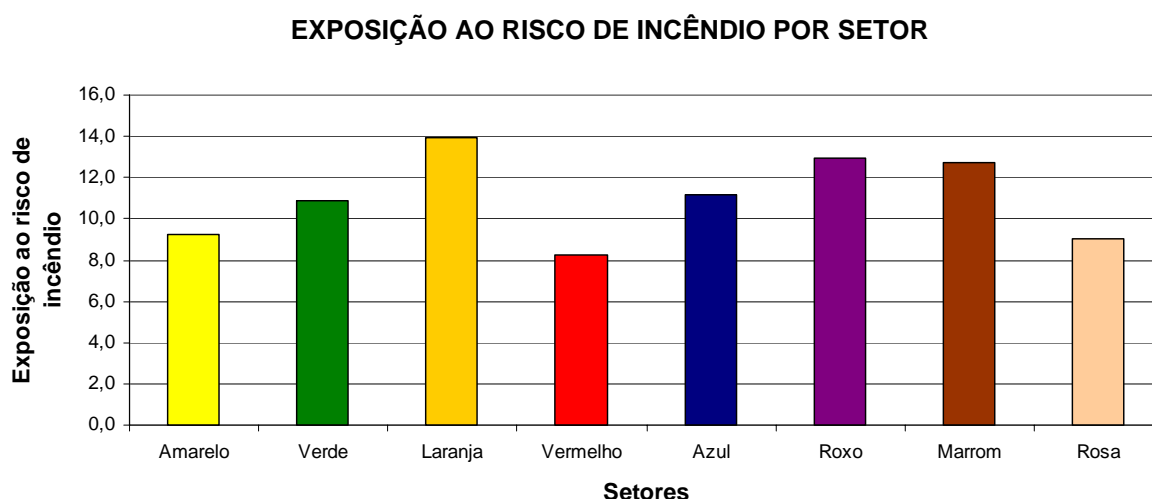


Gráfico 4.8 – Exposição ao risco de incêndio cada setor avaliado

Como se pode observar, os Setores Laranja, Roxo e Marrom foram os que apresentaram uma maior exposição ao risco de incêndio em comparação aos demais setores analisados. Já o Setor Vermelho, com uma média de $E = 8,2$ foi o que apresentou o menor valor. Esta constatação ratifica a afirmação anterior sobre os contrastes encontrados no padrão construtivo das diversas edificações do Setor Jardim das Orquídeas. Comparativamente, o perigo de incêndio das edificações localizadas no Setor Laranja é quase o dobro das edificações do Setor Vermelho.

Diante disso, elaborou-se um gráfico com o objetivo de avaliar quais foram os parâmetros mais significativos na determinação da exposição ao risco de incêndio. Observa-se, portanto, conforme demonstrado no Gráfico 4.9, que os fatores que mais influenciaram na determinação do perigo de incêndio de forma diferenciada entre os setores avaliados, foram os parâmetros referentes ao perigo de generalização, à densidade da carga de incêndio e as condições de acesso das viaturas e equipes de socorro. Isso pode ser confirmado devido à aderência na variação dos pontos plotados dessas curvas com os pontos da curva da exposição ao risco de incêndio. A altura do compartimento e a distância das edificações a unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima, tiveram um comportamento linear, pouco influenciando na comparação da exposição ao risco de incêndio entre os setores avaliados. Cabe ressaltar aqui que o parâmetro altura da edificação, no caso específico do presente estudo, está mais associado ao volume do

compartimento e ao perigo de propagação horizontal do que à dificuldade de acesso à edificação em função da diferença de nível do piso de descarga aos pavimentos considerados. Para melhor visualização do gráfico os valores da exposição ao risco de incêndio foram divididos por 3.

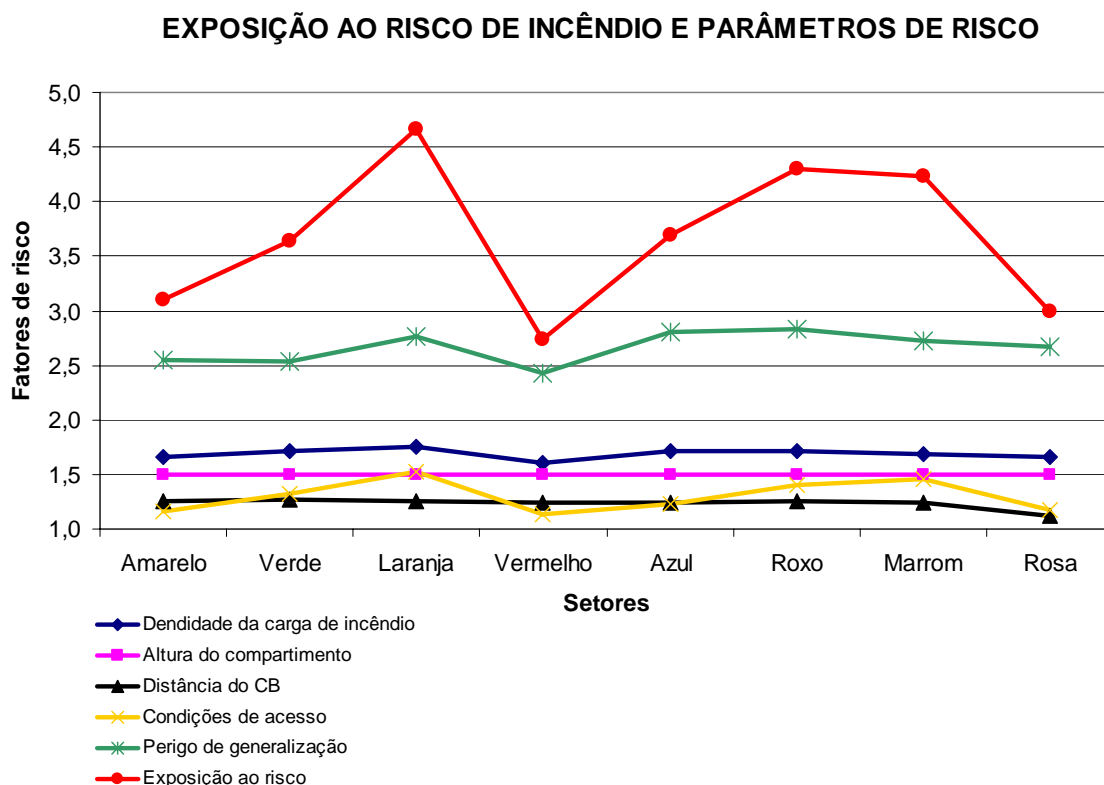


Gráfico 4.9 – Exposição ao risco de incêndio e parâmetros de risco

Com os resultados obtidos até aqui, foi possível determinar o perigo de incêndio nos diversos setores avaliados. Há, no entanto, para a determinação do risco global de incêndio que se avaliar ainda os riscos de ativação de cada edificação. Esta avaliação será apresentada a seguir.

4.4 DETERMINAÇÃO DO RISCO DE ATIVAÇÃO

O risco de ativação representa a probabilidade de ocorrência de um início de ignição em uma edificação. Este risco está associado diretamente à natureza da ocupação da edificação, a possibilidade de falha humana, à qualidade das

instalações elétricas e de gás e a possibilidade de ignição através de descargas atmosféricas. Conforme apresentado no Capítulo 2, desde que a edificação esteja em uso contínuo, o risco de ativação devido à natureza da ocupação estará sempre presente. Entretanto, os riscos de ativação devido à falha humana, a qualidade das instalações elétricas e gás e de proteção contra descargas elétricas, por seu caráter acidental, excluem-se mutuamente, devendo-se adotar o maior deles.

No presente trabalho, em razão da tipologia das edificações e principalmente das características dos seus usuários, optou-se pela exclusão tão somente do risco de ativação relativo à proteção contra as descargas atmosféricas. Assim também, em relação à qualidade das instalações elétricas e de gás, foi considerada somente a situação mais desfavorável. Dessa forma, para o cálculo do risco de ativação de cada edificação, foi adotada a seguinte expressão:

$$A = A_1.A_2.A_3$$

Onde:

A_1 = risco de ativação devido à natureza da ocupação;

A_2 = risco de ativação devido à falha humana;

A_3 = risco de ativação devido à qualidade das instalações elétricas e de gás;

Para o risco de ativação devido à natureza da ocupação (A_1) foram utilizados os mesmos fatores de risco constantes da Tabela 2.17 do Capítulo 2, portanto, como toda a amostra era composta somente de edificações residenciais o valor adotado para " A_1 " foi de 1,25 para as 240 edificações avaliadas.

Dessa mesma forma, para os fatores de risco de ativação devido à falha humana (A_2) e a qualidade das instalações elétricas e de gás (A_3), foram utilizados os mesmos coeficientes constantes das Tabelas 2.18 e 2.19 apresentadas no Capítulo 2, com a inclusão dos potenciais de risco associados à utilização de velas e, às instalações elétricas precárias e clandestinas. O peso atribuído a esses dois fatores de risco foi estipulado por observação direta das condições das edificações encontradas no levantamento realizado, sendo necessário um estudo específico

para a calibração desses valores. As Tabelas 4.7 e 4.8, apresentam os coeficientes utilizados na determinação do risco de ativação das edificações avaliadas no Setor Jardim das Orquídeas.

TABELA 4.7 – RISCO DE ATIVAÇÃO DEVIDO A FALHA HUMANA E FATORES DE RISCO

Descrição	Grupo	FR
Usuários treinados e reciclados no treinamento ao menos uma vez por ano	A ₂	1,0
Usuários treinados e reciclados no treinamento ao menos uma vez a cada dois anos		1,25
Usuários não treinados		1,75
Usuários não treinados, com utilização de velas		2,0

Fonte: Adaptado, GOUVÊIA, 2006

TABELA 4.8 – QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DE GÁS E FATORES DE RISCO

Caracterização das instalações	Grupo	FR
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso e manutenção regulares	A ₃	1,0
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso inadequado (extensões sem projeto) e manutenção irregular		1,25
Instalações não projetadas segundo as normas técnicas aplicáveis		1,50
Instalações precárias/clandestinas		2,0

Fonte: Adaptado GOUVÊIA, 2006

Constatou-se no levantamento efetuado que 74,58% das edificações são alimentadas por instalações elétricas clandestinas, os chamados “gatos”. Essas ligações, geralmente são efetuadas de maneira precária, através de fios conectados diretamente na rede de distribuição de energia elétrica que passa pelas principais ruas da região do Guarituba. Assim sendo, essa situação acaba inserindo um risco de ativação adicional, justificando dessa forma a inclusão de mais um fator de risco referente à precariedade das ligações clandestinas. Constatou-se também que as instalações elétricas das demais edificações não foram projetadas e executadas

segundo as normas técnicas aplicáveis. As figuras apresentadas a seguir mostram a precariedade dessas instalações.



Figura 4.11 – Risco de ativação devido a precariedade das instalações elétricas
Fonte: Autor



Figura 4.12 – Risco de ativação devido a precariedade das instalações elétricas
Fonte: Autor



Figura 4.13 – Incêndio no forro de uma das edificações levantadas
Fonte: Autor



Figura 4.14 – Conexão de fios condutores de eletricidade sem isolamento adequado
Fonte: Autor

Quanto às instalações de gás, verificou-se que as condições de segurança são razoáveis, sendo encontrado em quase todas as residências apenas um botijão de gás com capacidade de 13 kg, instalado na cozinha, ao lado do fogão. A principal irregularidade apontada segundo o levantamento efetuado, foi o prazo de validade das mangueiras e reguladores de pressão, que em muitos casos encontravam-se vencidos. Diante dessas observações, foi considerado na

composição do risco de ativação somente o risco associado às instalações elétricas, que pelos motivos expostos se configurou numa situação de risco mais elevada.

Em relação ao risco de ativação devido à falha humana, somente em 11 das 240 residências, foram encontrados moradores que responderam positivamente ao questionamento sobre o treinamento em caso de incêndio, o que corresponde a um percentual de 4,58%. Os usuários não treinados corresponderam a 61,67% e usuários não treinados que admitiram a utilização de velas no interior da edificação corresponderam a 33,75% do total das residências avaliadas.

O Gráfico 4.10 a seguir mostra os riscos médios de ativação de incêndio encontrados no conjunto de edificações de cada setor avaliado. Como se pode observar, apenas o Setor Vermelho apresentou um valor de risco de ativação mais baixo em comparação aos demais. Presume-se que este valor mais baixo esteja associado principalmente ao fato de que o Setor Vermelho possui o menor número de residências com instalações elétricas clandestinas.

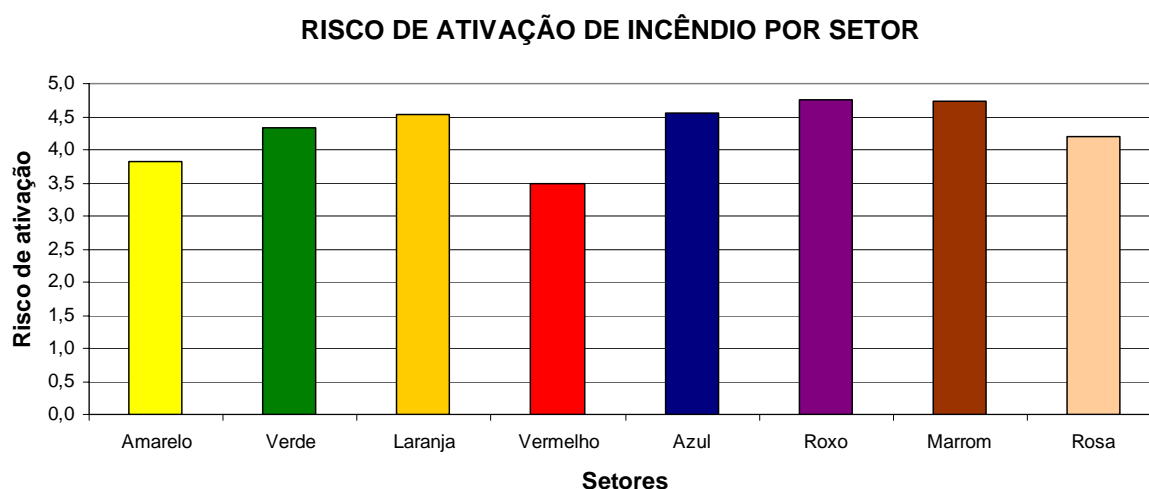


Gráfico 4.10 – Risco de ativação de incêndio por setor

Analogamente ao que foi constatado na análise da exposição ao risco de incêndio, os Setores Laranja, Roxo e Marrom também apresentaram os maiores valores de risco de ativação. Todavia, a amplitude observada entre o maior e o menor valor não é tão acentuada. Em seguida, após ter sido obtido os valores da exposição ao risco de incêndio e do risco de ativação, será determinado o risco

global de incêndio de cada setor e do conjunto de edificações do Jardim das Orquídeas.

4.5 DETERMINAÇÃO DO RISCO GLOBAL DE INCÊNDIO

Após a determinação da exposição ao risco de incêndio (E) e do risco de ativação (A), foi possível determinar o Risco Global de Incêndio de cada edificação da amostra selecionada, através da aplicação da seguinte expressão:

$$R = E.A$$

Onde:

R = risco global de incêndio;

E = exposição ao risco de incêndio;

A = risco de ativação de incêndio.

Segundo Gouveia (2006), em termos absolutos, o risco global de incêndio de uma edificação ou de um conjunto de edificações não tem significado. Entretanto, quando utilizado como uma medida de comparação, passa a significar a maior ou menor probabilidade de ocorrência de um incêndio severo.

Assim sendo, para que se pudesse estabelecer uma medida de comparação entre o conjunto de edificações dos diversos setores avaliados, foi efetuado o cálculo do risco global de incêndio de cada edificação, obtendo-se os riscos médios conforme ilustrado no Gráfico 4.11.

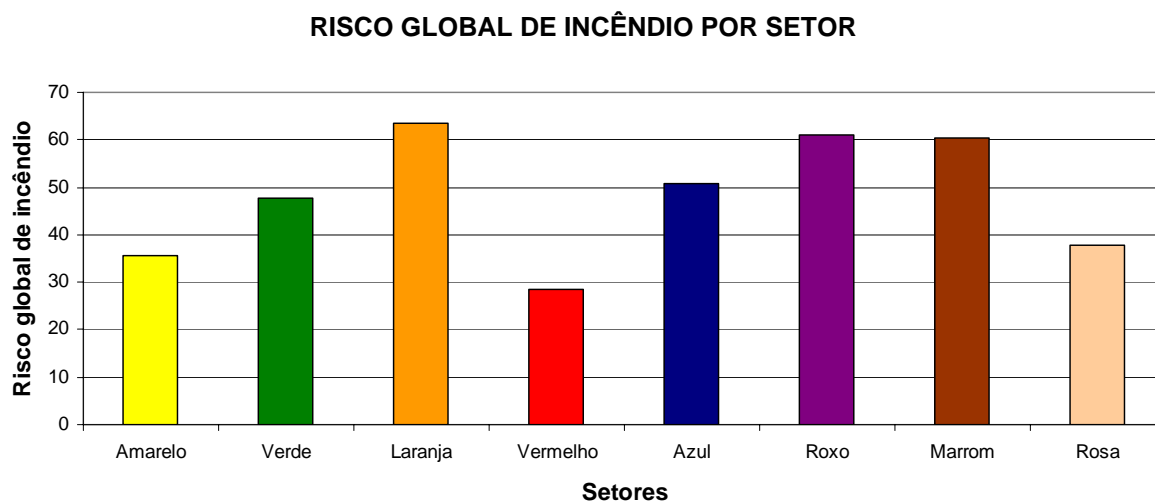


Gráfico 4.11 – Risco global de incêndio médio por setor

Como se pode observar, as edificações localizadas no Setor Vermelho, apresentaram em média, os menores valores de risco global de incêndio ($R = 29$). Por outro lado, os setores Laranja ($R = 64$), Roxo ($R = 61$) e Marrom ($R = 60$) foram os que apresentaram os maiores valores de R , configurando desta forma numa maior probabilidade de ocorrência de um incêndio nesses setores em comparação com os demais. A média do risco global de incêndio obtida para o conjunto de 240 edificações analisadas foi de 48.

Com base nesses dados e com o objetivo de auxiliar o poder público na tomada de decisão das prioridades das ações de prevenção de incêndio a serem implantadas, foi elaborado uma planta de risco do Setor Jardim das Orquídeas. Nessa planta, os setores foram agrupados de acordo com os resultados encontrados, em três níveis de risco, sendo o nível 3 a região de residências que possui a maior probabilidade de ocorrência de incêndios severos. A Figura 4.15 a seguir, apresenta esta planta de risco.

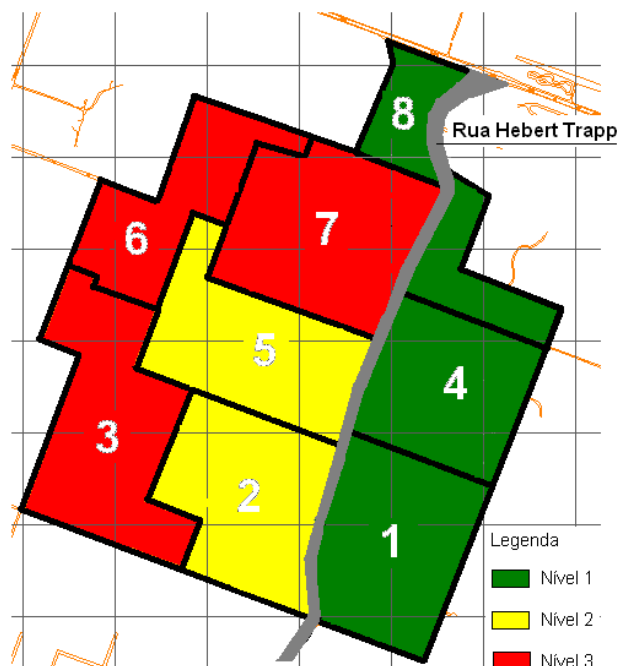


Figura 4.15 – Planta de risco de incêndio do Setor Jardim das Orquídeas
Fonte: Autor

Uma vez detectado o risco global de incêndio, faz-se necessário determinar os fatores de segurança que irão se contrapor a este risco.

4.6 DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA

De acordo com o estabelecido no Capítulo 2, a determinação dos fatores de segurança tem por objetivo, medir o nível da proteção contra incêndio de uma edificação ou de um conjunto de edificações. Este valor é obtido através da atribuição de pesos de acordo com o número e tipo de medidas de segurança contra incêndio existentes na edificação. Essas medidas são divididas em cinco classes: medidas sinalizadoras do incêndio, medidas extintivas, medidas de infraestrutura, medidas estruturais e medidas políticas.

Sabe-se, no entanto, que os assentamentos urbanos precários, caracterizados pelas ocupações irregulares, dificilmente possuem algum tipo de medida de segurança contra incêndio. Somente em casos isolados, como os citados na revisão bibliográfica, é possível verificar a presença de medidas extintivas, como a utilização de extintores e o emprego de brigada de incêndio, ou então de medidas

políticas como a elaboração de plantas de risco e planos de intervenção. Nesse sentido, conforme levantamento efetuado, verificou-se que as edificações localizadas no Setor Jardim das Orquídeas não possuem nenhum tipo de medida de segurança contra incêndio instalado. Diante disso, para a determinação do coeficiente de segurança do conjunto de edificações avaliadas, adotou-se como fator de segurança $S = 1,0$.

4.7 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE SEGURANÇA

Fica claro que a idéia principal do método de análise de risco de incêndio é o balanceamento dos parâmetros de risco e de segurança presente nas edificações ou no conjunto de edificações. A razão entre estes parâmetros é que vai determinar o coeficiente de segurança contra incêndio. Diante disso, após a obtenção do risco global de incêndio de cada setor, e da determinação do fator de segurança do conjunto de edificações, foi possível calcular o coeficiente de segurança, através da seguinte expressão:

$$\gamma = \frac{S}{R} \geq \gamma_{\min}$$

Onde:

γ = coeficiente de segurança contra incêndio;

γ_{\min} = coeficiente de segurança mínimo aceitável;

S = segurança contra incêndio;

R = risco global de incêndio.

Cabe salientar no entanto, que devido ao estado atual da arte, não foi possível determinar o coeficiente de segurança mínimo admissível " γ_{\min} ", sendo necessário para isto um estudo mais específico sobre os aspectos político-econômico-sociais que envolvem o problema dos incêndios em assentamentos urbanos precários. Todavia, para a análise do risco de incêndio, foi verificado no

presente trabalho apenas o desequilíbrio existente entre os parâmetros de risco e segurança contra incêndio, considerando que um valor de “ $\gamma \geq 1$ ” indica uma situação favorável à segurança, e um valor de “ $\gamma \leq 1$ ” indica uma situação desfavorável à segurança contra incêndio.

Conforme descrito no item 4.5, o valor atribuído aos fatores de segurança foi igual a 1,0, o que resultou nos coeficientes de segurança apresentados no Gráfico 4.12 a seguir.

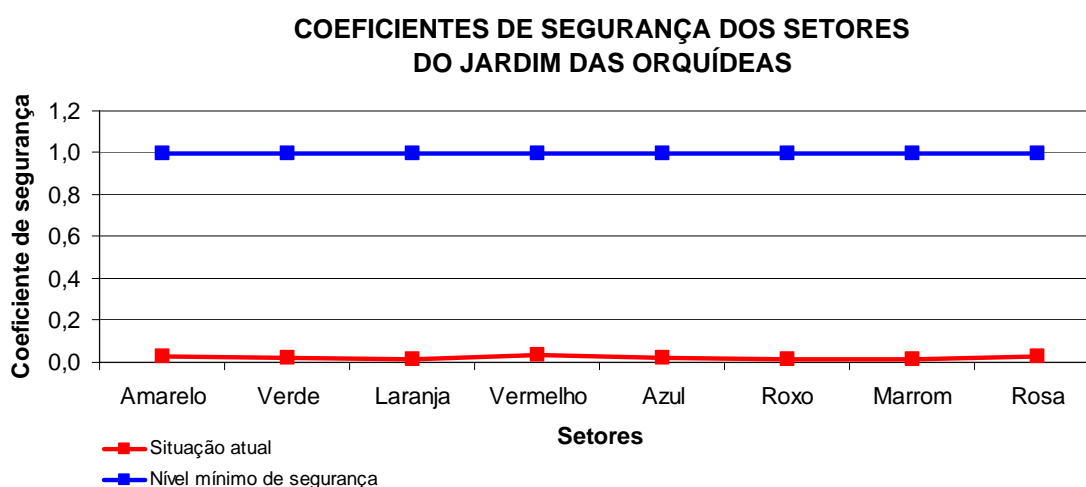


Gráfico 4.12 – Coeficientes de segurança dos setores do Jardim das Orquídeas

Como se pode observar, os coeficientes de segurança de todos os setores avaliados estão muito abaixo do nível mínimo necessário para que o conjunto de edificações seja considerado seguro, ou seja, na atual situação, existe uma elevada probabilidade de ocorrência de incêndios severos nessa região. Facilmente se presume, que esses valores extremamente baixos, com uma média de 0,025 para o conjunto de edificações do Setor Jardim das Orquídeas, estão associados principalmente à ausência de medidas de segurança contra incêndio.

Desse modo, com o objetivo de aproximar o coeficiente de segurança do conjunto de edificações ao nível mínimo aceitável, propôs-se a adoção das seguintes medidas de segurança: formação de brigadas de incêndio equipadas com aparelhos extintores, instalação de reservas de água em pontos estratégicos, e a elaboração de planta de risco e plano de intervenção de incêndio.

Essas medidas, conforme apresentado no Capítulo 2, são às únicas consideradas possíveis de serem aplicadas devido às características físicas e sócio-econômicas da região. A simulação da implantação dessas medidas, de acordo com o método de análise global de risco de incêndio, resultou num fator de segurança $R = 9,6$, o que elevou a média do coeficiente de segurança do conjunto de edificações de 0,025 para 0,24. Entretanto este valor se mostrou ainda muito reduzido.

Diante das limitações físicas, econômicas e sociais, impostas para adoção de outras medidas de segurança, optou-se também pela implantação de medidas capazes de reduzir os valores da exposição ao risco de incêndio. Esta alternativa, procurou limitar os valores da densidade da carga de incêndio de acordo com o tipo de construção, e ainda reduzir os risco de ativação devido à falha humana e a qualidade das instalações elétricas e de gás.

Nesse sentido, em relação à densidade da carga de incêndio, foi estabelecido um limite de 2500 MJ/m^2 para as edificações de madeira, 1700 MJ/m^2 para as edificações mistas, e 1200 MJ/m^2 para as edificações em alvenaria. Esses valores, embora considerados elevados em comparação com os valores estabelecidos pela NBR 14432:2000 para a densidade da carga de incêndio de edificações residenciais, são no momento os limites possíveis de serem aplicados à realidade das edificações do assentamento urbano precário avaliado.

Quanto ao risco de ativação devido à falha humana, foi considerado que os ocupantes das edificações possuem treinamento para situações de incêndio, com atualização no mínimo a cada dois anos. Presume-se que essa medida possa ser alcançada, através de uma política pública de conscientização dos usuários das edificações, mediante um programa contínuo de palestras e treinamentos.

Para a redução dos fatores de risco de ativação devido à qualidade das instalações elétricas e de gás, foi considerado que todas as instalações foram executadas segundo as normas técnicas aplicáveis. A efetivação dessa medida depende essencialmente de investimentos do poder público na regularização e ampliação da rede de distribuição de energia elétrica, e principalmente na conscientização dos usuários das edificações para a correção das não conformidades detectadas em suas instalações internas elétricas e de gás.

Assim sendo, com a adoção das medidas de segurança somadas às medidas de redução da exposição ao risco de incêndio, a média do coeficiente de segurança do conjunto de edificações saltou de 0,025 para 0,53. O Gráfico 4.13 a seguir, apresenta as variações das médias do coeficiente de segurança de cada setor avaliado, de acordo com as medidas adotadas.

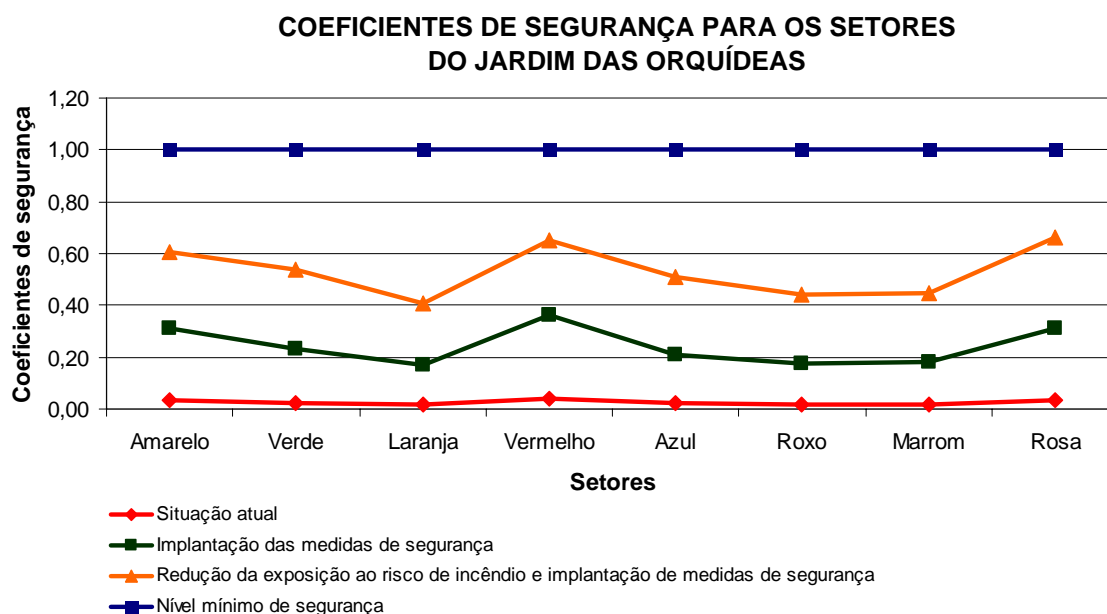


Gráfico 4.13 – Coeficientes de segurança dos setores do Jardim das Orquídeas com a adoção das medidas de segurança e redução da exposição ao risco de incêndio.

Observa-se no Gráfico 4.13, que mesmo depois da simulação da adoção das medidas de segurança e da redução da exposição ao risco de incêndio, o coeficiente de segurança dos diversos setores avaliados continua em níveis significativamente baixos.

Finalmente, conclui-se que, em razão da especificidade dos assentamentos urbanos precários, e de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, o risco máximo aceitável para um conjunto de edificações de assentamentos urbanos precários deva ser um valor abaixo da unidade. Todavia, conforme citado anteriormente, a determinação desse valor requer um estudo mais aprofundado, focado nos impactos sócio econômicos, e nas políticas públicas de segurança contra incêndio.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se extrair do estudo completo, uma série de conclusões e recomendações sobre o risco de incêndio em habitações de assentamentos urbanos precários. Porém, como o foco do presente trabalho é o diagnóstico dos fatores que potencializam o risco de incêndio e a avaliação da implantação de medidas de segurança possíveis de serem aplicadas, as considerações a seguir serão baseadas nesses objetivos, com ênfase na aplicação do método de análise global de risco de incêndio e nas características do conjunto de edificações avaliadas.

Nesse contexto, cabe inicialmente tecer algumas considerações sobre a área selecionada para a realização da presente pesquisa. A escolha do Guarituba, deu-se principalmente pela incidência dos incêndios residências ocorridos nos últimos anos e devido ao fato de que esta região é atualmente a maior e mais complexa área de ocupação irregular da Região Metropolitana de Curitiba, composta por aproximadamente 44 mil habitantes. A título de comparação, segundo dados estatísticos do IBGE, com essa população o Guarituba ocuparia hoje a 11ª posição em relação ao número total de habitantes dos 399 municípios do Estado do Paraná.

Diante da magnitude desta ocupação e das dificuldades encontradas para o livre acesso aos diversos setores do Guarituba, a hipótese de efetuar uma análise com amostras de residências de toda a região foi descartada. Desse modo, procurou-se em contato com a Prefeitura Municipal de Piraquara e lideranças locais, determinar uma área que pudesse representar satisfatoriamente às características urbanas desse aglomerado, sendo então definido o Setor Jardim das Orquídeas como unidade-caso do presente estudo. Em seguida, de acordo com os critérios de análise propostos pelo método adotado e com o objetivo de estabelecer um quadro comparativo do risco de incêndio, o setor definido como unidade-caso foi dividido em oito sub-setores. Esta medida, possibilitou a partir da determinação do risco global de cada sub-setor, elaborar um mapa de risco de toda a área do Jardim das Orquídeas. Através dessa divisão, foi possível constatar também que o risco de incêndio aumenta à medida que as edificações se afastam transversalmente da via de acesso principal do setor avaliado.

Além disso, ao contrário do que habitualmente se conhece por favela, onde o aglomerado de edificações é mais adensado, formado basicamente por barracos, o Guarituba apresenta algumas características que o diferenciam desta denominação. Entre elas destacam-se o razoável padrão construtivo e o afastamento existente entre as fachadas laterais de algumas edificações.

Quanto ao método de análise global de risco de incêndio, este mostrou-se adequado aos objetivos e as hipóteses lançadas na presente pesquisa. Contudo as adaptações efetuadas requerem um estudo mais aprofundado, principalmente na determinação dos parâmetros e fatores de risco e de ativação de incêndio específicos para assentamentos urbanos precários. Pesquisas futuras podem também determinar o risco máximo aceitável para estes assentamentos, considerando as restrições físicas, sociais e econômicas para a implantação da maioria das medidas de segurança apresentadas.

A aplicação do método permitiu também estabelecer mais uma fonte de referência para a caracterização da densidade da carga de incêndio de edificações residenciais. Conforme constatado, a densidade média encontrada para o conjunto das 240 edificações da amostra selecionada foi de 2.182,32 MJ/m², superando em mais de 7 vezes o valor máximo estabelecido pela NBR 14.432:2000, para a densidade da carga de incêndio de edificações residenciais. Esta constatação, aliada aos resultados encontrados no trabalho de pesquisa realizado no conjunto de edificações residenciais do Bairro Antônio Dias, na cidade de Ouro Preto/MG, onde o valor encontrado superou em aproximadamente 13 vezes o valor máximo estipulado por esta mesma norma, acenam para a necessidade de adequação dos valores característicos da carga de incêndio de acordo com a realidade das edificações residenciais brasileiras.

Ainda sobre a densidade da carga de incêndio cabe ressaltar aqui, a dificuldade encontrada no levantamento realizado para a obtenção dos dados necessários à sua determinação. O grande acúmulo de materiais combustíveis armazenados de forma desordenada no interior de algumas edificações, inseriram um obstáculo para a sua quantificação.

Em relação aos fatores que potencializam o risco de incêndio, observou-se de acordo com a análise dos dados apresentados no Capítulo 4, que a densidade da carga de incêndio, o perigo de generalização, o risco de ativação devido à falha

humana e risco de ativação devido a qualidade das instalações elétricas, foram os principais fatores que contribuíram para a elevação da exposição ao risco de incêndio no assentamento urbano precário avaliado.

Dentre os fatores de risco, o perigo de generalização foi o que mais contribuiu para a elevação da exposição ao risco de incêndio, confirmando desta maneira a hipótese lançada inicialmente sobre a ineficiência da resistência ao fogo dos elementos de vedação dos compartimentos e a ausência de afastamentos mínimos necessários para evitar a propagação do incêndio entre as edificações. Detectado o perigo de generalização, há no entanto que se determinar a extensão desta propagação. Esta análise embora importante, não se configurou como objetivo do presente estudo, sugere-se portanto em trabalhos futuros a avaliação deste parâmetro de risco.

A elevada densidade da carga de incêndio, conforme relatado anteriormente foi outro fator que contribui significativamente para a determinação do risco de incêndio. Constatou-se na análise efetuada que as áreas que possuíam o maior número de residências de madeira foram as que apresentaram as maiores médias de densidade da carga de incêndio. Além disso, observou-se que nestas áreas a precariedade das edificações é mais acentuada, e que a relação número de ocupantes por área construída de cada edificação é normalmente maior do que a média encontrada para a amostra selecionada.

As condições de acesso embora tenha participado na composição do risco de cada setor avaliado, não se configuraram como um fator predominante na potencialização do risco de incêndio do assentamento urbano estudado. Tal observação pode ser confirmada pelo fato de que 71% das edificações avaliadas possuem condições de acesso fácil e restrito, que são as duas melhores condições deste atribuídas a este parâmetro.

Devido a presença de uma unidade do Corpo de Bombeiros a menos de 6,0km do ponto mais distante do Setor Jardim das Orquídeas e devido ainda ao fato de que todas as edificações avaliadas não ultrapassaram a altura de 6,0 m, os parâmetros distância do Corpo de Bombeiros mais próximo e altura do compartimento não tiveram uma participação mais efetiva na composição do risco global de incêndio. Entretanto, tais parâmetros podem ser extremamente

significativos na avaliação do risco de incêndio dos demais assentamentos urbanos precários.

O risco de ativação devido a presença de instalações elétricas precárias e/ou clandestinas, esteve presente em 74,58% das edificações analisadas, evidenciando desta maneira sua importância na determinação do risco global de incêndio. Da mesma forma o risco de ativação referente à falta de treinamento de usuários com 61,67% e ainda a falta de treinamento associada à utilização de velas com 33,75%, também contribuíram significativamente para a majoração do risco.

Quanto à análise das medidas de segurança contra incêndio possíveis de serem aplicadas, propôs-se para o presente estudo a adoção das seguintes propostas: formação de brigadas de incêndio equipadas com aparelhos extintores, instalação de reservas de água em pontos estratégicos, e a elaboração de planta de risco e plano de intervenção de incêndio. Estas medidas foram às únicas consideradas possíveis de serem aplicadas devido às características físicas e sócio-econômicas da região avaliada. Porém, conforme observado no Capítulo 4 da presente dissertação, mesmo com a aplicação destas medidas o coeficiente de segurança contra incêndio do Jardim das Orquídeas ficou muito aquém do mínimo aceitável. Assim sendo, diante das limitações físicas, econômicas e sociais, impostas para adoção de outras medidas de segurança, optou-se também pela implantação de medidas capazes de reduzir os valores da exposição ao risco de incêndio. Essa alternativa, procurou limitar os valores da densidade da carga de incêndio de acordo com o tipo de construção e ainda reduzir os risco de ativação devido à falha humana e a qualidade das instalações elétricas e de gás. Entretanto, constatou-se que embora o coeficiente de segurança tenha aumentado significativamente com a adoção de todas essas medidas, ainda assim ficou abaixo do nível mínimo aceitável.

Finalmente, conclui-se que mesmo não atingindo o nível de segurança mínimo aceitável de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo método de análise de risco empregado, os objetivos da presente pesquisa, que eram a determinação dos fatores que potencializam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários e a avaliação das medidas de segurança possíveis de serem adotadas nestes assentamentos, foram adequadamente alcançados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S. M. S de. **Incêndio em edificações históricas: um estudo sobre o risco global de incêndio em cidades tombadas e as suas formas de prevenção, proteção e combate. A metodologia aplicada à cidade de Ouro Preto.** Niterói, RJ, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense. 219p.

ASSIS, V. T. **Carga de incêndio em edifícios de escritórios: Estudo de caso: Belo Horizonte/MG, Brasil.** Ouro Preto, MG, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. 93p.

BERTO, A. F. **Medidas de Proteção Contra Incêndios: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios.** São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.

BEYLER, C. L. Fire Safety Challenges in the 21st Century. **Journal of Fire Protection Engineering.** v.11, p. 04-15, Feb 2001.

BRENTANO, T. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações.** Porto Alegre: Ed. EDIPUCRS, 2004. 450 p.

COELHO, A. C. P. **Agregação de novas variáveis ao processo de planejamento urbano e regional sob a perspectiva de gestão dos recursos hídricos.** Curitiba: 2004. Dissertação

COHAPAR – Companhia de Habitação do Paraná. **Programa Direito de Morar.** Curitiba: 2005.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Guarituba: plano de desenvolvimento social e urbano.** Curitiba: 2005.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Unidade de Planejamento Territorial do Guarituba.** Curitiba: 1999.

CORPO DE BOMBEIROS DE SÃO PAULO. **Decreto número 46.076/01.** Disponível em: <<http://polmil.sp.gov.br>>. Acesso em 10 de novembro de 2005.

CORPO DE BOMBEIROS DE SÃO PAULO. **IT 02 – Conceitos Básicos de Proteção Contra Incêndio.** São Paulo, 2001 a. Disponível em: <<http://polmil.sp.gov.br>>. Acesso em 10 de novembro de 2005.

CORPO DE BOMBEIROS DE SÃO PAULO. **IT 10 – Controle de materiais de acabamento e revestimento.** São Paulo, 2004 b. Disponível em: <<http://polmil.sp.gov.br>>. Acesso em 10 de novembro de 2005.

CORPO DE BOMBEIROS DE SÃO PAULO. **IT 20 – Sinalização de emergência.** São Paulo, 2004 b. Disponível em: <<http://polmil.sp.gov.br>>. Acesso em 27 de setembro de 2007.

FITZGERALD, R. W. **Building fire performance Analysis.** Ed. John Wiley & Sons, Inc, 2004.

FLORENCE, G.; CALIL, S.J. **Nova perspectiva no controle dos riscos da utilização de tecnologia médico hospitalar.** In: REVSTA MULTICIÊNCIA, UNICAMP, São Paulo, 2005.

FRIEDMAN, R. **Theory of Fire Extinguishment.** In : Fire Protection Handbook. 19 ed. Ed. National Fire Protection Association. Quincy, 2003. v.01, p. 2/85-2/95, 2003.

GARMATTER, C. N. **Proteção contra incêndio em edificações de interesse de preservação: identificação e caracterização dos fatores de influência na segurança a partir da análise retrospectiva de incêndios ocorridos no centro histórico de Curitiba.** Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** Ed. 4. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Ary Gonçalves. **Sistemas de Prevenção contra Incêndios.** Editora Interciência. Rio de Janeiro, 1998.

GOREN-INBAR, N; ALPERSON, N; KISLEV, M.E; SIMCHONI, O; MELAMED, Y. BEM-NUN, A; WERKER E. **Evidence of hominin control of fire at gesher benot Ya`aqov, Israel.** Science. Vol 304 nº 5671, pp. 725-727. 2004.

GOUVÊIA, A. M. C. **Análise de risco de incêndio em sítios históricos.** Brasília/DF, IPHAN/MONUMENTA, 2006. 104p.

GOUVÊIA, A. M. C.; **Apostila do curso de Introdução à Engenharia de Incêndio.** Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG. 2003.

GRANT, G; DRYSDALE, D. **Numerical Modelling of Early Flame Spread** in Warehouse Fires. Fire Safety Journal. Edinburgh, v.24, p. 247-278, May 1995.

GRONER, N. E. **Intentional systems representations are useful alternatives to physical systems representations of fire – related human behavior.** Safety Science. v.38, p. 85-94, Jul 2001.

GROSTEIN, M. D. **Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos “insustentáveis”.** São Paulo em Perspectiva, jan./mar. 2001, vol.15, nº 1, p.13-19.

HADDAD, W.; KRIEGER, G. **Uso de mecânica dos fluidos computacional para análise de movimentação de fumaça em incêndio.** In: Seminário Internacional NUTAU'2002 – São Paulo, 2002. p. 1468-1477.

HALL JR, J. R. **The total cost of fire in the United States.** In: FIRE ANALYSIS AND RESEARCH DIVISION: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION – NFPA, 2006.

HARDT, L. P. A.; HARDT, C. **Subsídios à formulação de políticas de gestão do desenvolvimento metropolitano sustentável.** In: II Encontro da ANPPAS – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. **Anais.** Indaiatuba : 2004.

JACOBI, P. **Cidade e meio ambiente: percepções e práticas em São Paulo,** Annablume Editora, São Paulo, 1999.

KOHARA, L. **Rendimentos obtidos na Locação e Sublocação De Cortiços - Estudo de casos na área central da cidade de São Paulo,** São Paulo, Dissertação de mestrado em engenharia Escola Politécnica da Universidade de São Paulo ,São Paulo,1999

LIANG, F. M.; CHOW, W. K. Preliminary Studies on Flashover Mechanism in Compartment Fires. **Journal of Fire Sciences.** v.20, p. 86-112, Jan 2002.

LIMA, C. A. **Considerações sobre ocupações irregulares e parcelamento urbano em áreas de mananciais da região metropolitana de Curitiba-PR.** In: Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 97-114, Editora da UFPR, Curitiba, 2001.

LIMA, C.A. **A ocupação de áreas de mananciais na Região Metropolitana de Curitiba: do planejamento à gestão ambiental urbana-metropolitana.** Curitiba, 2000. Tese. (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento): Universidade Federal do Paraná.

LOPES, A. J. S, **Segurança de incêndio: Avaliação do risco de incêndio em edifícios.** Lisboa, 2004. Dissertação (Mestrado em Construção) – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal.

MARICATO, E. **Dimensões da tragédia urbana.** Com Ciência, São Paulo, mar.2002. Seção Cidades. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/cidades/cid18.htm>. Acesso em: janeiro 2008.

MARTINS, M. L. R. **Efetividade e permanência da regularização em assentamentos urbanos precários.** Seminário de Regularização Fundiária – Aspectos registraes, rubanísticos e ambientais. São Paulo: 2003.

MENDES, P. B. M. T. **Gerenciamento de Risco em Cortiço Vertical: uma proposta em construção**, Campo Grande, anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental , 2005

MENDES, P. B. M. T.; SILVA, C. C. A.; SAMPAIO, M. R. A.; TOMINA, J. C. Comunicação e gerenciamento de risco ambiental em favelas e cortiço vertical: Relato de uma experiência, **IX SIMPÓSIO INTERNACIONAL PROCESSO CIVILIZADOR, TECNOLOGIA E CIVILIZAÇÃO**, Ponta Grossa, PR, 2005

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. São Paulo, SP: Ed. EDGARD BLÜCHER LTDA, 2ª Edição, 1992. 461 p.

MOREIRA, A. C M.L. **Conceitos de ambiente e de impacto ambiental aplicáveis ao meio urbano**. São Paulo: 1999. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/a_moreira/producao/conceit.htm>. Acesso em: Janeiro 2008.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1999.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Fire Statistics**. Disponível em: <<http://www.nfpa.org>>. Acesso em 22 de novembro de 2005.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.

OLIVEIRA, V. L. F.P. **Proteção contra incêndio em edificações antigas, com valores histórico e cultural**. Dissertação de Mestrado. UFF. Niterói, RJ. 2002.

ONO, R.; KAULING, N.; BRAGA, D. B.; SILVA, S. B. **Análise das condições de segurança contra incêndio em edificações através de dados estatísticos de atividade de bombeiro**. In: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI, NUTAU'98, São Paulo, 1998. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, 1998.

ONO, R.; **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos**. In: AMBIENTE CONSTRUÍDO. v.7, n1, PP. 97-113, Porto Alegre, 2007

ONO, R.; TOMINA, J. C. **Avaliação das condições de segurança contra incêndio nos edifícios de escritório na cidade de São Paulo baseada na capacitação e nível de conscientização dos seus usuários**. In: ENCONTRO NACIONAL, 6 E ENCONTRO LATINO-AMERICANO, 3 SOBRE CONFORTO E AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8 p., São Pedro/SP, 2001.

Paiva, T. P. **Assentamentos espontâneos e produção do espaço urbano – avaliação do programa favela-bairro**, São Carlos, SP, anais do III ENECS – Encontro Nacional Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2003.

PIRES, T. T. An Approach for Modeling Human Cognitive Behavior in Evacuation Models. **Fire Safety Journal**. v.40, p. 177-189, Mar 2005.

ROBSON, C. **Real World Research**: A resource for Social Scientists and Practitioner Researches. Oxford: Blackwell, 1993.

ROLNIK, R. **O que é cidade**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1994. 86 p.

ROMANI, R; YANAGIARA, J. I. **Modelagem e simulação de incêndio em ambientes confinados**. In: Encontro Nacional de Modelos de Simulação de Ambientes. São Paulo, 1995. Artigo Técnico. P. 41-55.

SECCO, O. **Manual de Prevenção e de Combate a Incêndio**. 3 ed. São Paulo: Ed. Associação Brasileira de Prevenção de Acidentes, 1982. 406 p.

SEITO, A. I. **Metodologia de Análise de Risco de Incêndio**. São Paulo, 1995. 125 p. Dissertação de Mestrado. Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

SILVA, V. P. **Estruturas de aço em situação de incêndio**. Editora Zigurate. São Paulo. 2001.

SILVA, V. P.; FAKURY, R. H. Brazilian standards for steel structures fire design. **Fire Safety Journal**. v.37, p. 217-227, Mar 2002.

SOUZA, M. L. **ABC do desenvolvimento humano**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003. 192p.

TASCHNER, S. **Degradação ambiental em favelas**. In: TORRES, H. & Costa, H. *População e Meio Ambiente: debates e desafios*. São Paulo, Editora do Senac, 2000.

TAVARES, L. P. O. **São José dos Pinhais no contexto da recente industrialização metropolitana: reflexos sócio-espaciais**. Revista Paranaense de Desenvolvimento. Curitiba v.108, p. 33-59, Jan/Jun 2005.

TAVARES, R. M. **Incêndios em ambientes fechados: uma análise da Influência do fator ventilação no comportamento da pluma de fogo sob a visão da teoria do caos**. Recife, 2003. 98 p. Dissertação (Mestrado). Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1999.

VALLADARES, L. e PRETECEILLE, E. **"Favela, favelas: unidade ou diversidade da favela carioca"** In: RIBEIRO, L. (org.) O futuro das metrópoles: desigualdades e governabilidade. Rio de Janeiro, Observatório/Ed. Revan/Fase, 2000.

VILLAÇA, F. **O que todo cidadão precisa saber sobre habitação**. São Paulo: Ed. Global, 1986.

WATTS, J. M. Human Behavior in Fire. **Fire Technology**. v.34, p. 97-98, 1998.

YANG, L.; HENG, C.; YONG, Y.; TINGYONG, F. **The Effect Of Socioeconomic Factors on Fire in China**. Journal of Fire Sciences. v.23, p. 451-467, Nov 2005.

YIN, R.K. **Estudo de Caso**: planejamento e Métodos. Tradução de: Daniel Grassi. Terceira Edição. Porto Alegre: Bookman, 2005.

7. APÊNDICES

TABELA 7.1 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR AMARELO

SETOR AMARELO											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
2	1,6	1,50	1,25	1,60	2,0	9,6	1,25	1,75	1,50	3,3	32
3	1,3	1,50	1,25	1,0	1,5	3,7	1,25	1,75	2,0	4,4	16
4	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
5	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
6	1,4	1,50	1,25	1,0	2,0	5,3	1,25	1,75	1,50	3,3	17
7	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	2,0	1,50	3,8	26
8	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	2,0	1,50	3,8	21
9	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	1,75	2,0	4,4	67
10	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
11	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
12	1,6	1,50	1,25	1,0	3,0	9,0	1,25	1,75	1,50	3,3	30
13	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	1,50	3,3	31
14	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
15	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	1,75	1,50	3,3	50
16	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	1,75	1,50	3,3	18
17	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	1,50	3,3	20
18	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	1,50	3,3	20
19	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	1,50	3,3	31
20	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
21	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
22	1,6	1,50	1,25	1,0	3,0	9,0	1,25	1,75	1,50	3,3	30
23	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
24	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
25	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	2,0	2,0	5,0	38
26	1,8	1,50	1,25	1,25	2,0	8,4	1,25	1,75	2,0	4,4	37
27	1,8	1,50	1,25	1,25	2,0	8,4	1,25	1,75	1,50	3,3	28
28	1,7	1,50	1,25	1,60	2,0	10,2	1,25	2,0	2,0	5,0	51
29	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	1,50	3,3	33
30	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	1,50	3,3	20

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.2 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR VERDE

SETOR VERDE											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	2,0	4,4	33
2	1,7	1,50	1,25	1,25	2,0	8,0	1,25	1,75	2,0	4,4	35
3	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
4	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
5	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	1,75	2,0	4,4	58
6	1,5	1,50	1,25	1,90	2,0	10,7	1,25	1,75	1,50	3,3	35
7	1,5	1,50	1,25	1,60	2,0	9,0	1,25	1,75	2,0	4,4	39
8	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	1,75	2,0	4,4	58
9	1,9	1,50	1,25	1,60	3,0	17,1	1,25	2,0	2,0	5,0	86
10	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	2,0	4,4	33
11	1,7	1,50	1,25	1,0	2,0	6,4	1,25	1,75	1,50	3,3	21
12	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
13	1,4	1,50	1,25	1,25	2,0	6,6	1,25	1,75	1,50	3,3	22
14	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	2,0	4,4	26
15	1,5	1,50	1,25	1,60	2,0	9,0	1,25	1,75	2,0	4,4	39
16	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	2,0	4,4	33
17	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	2,0	4,4	26
18	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	2,0	4,4	71
19	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	2,0	4,4	33
20	1,7	1,50	1,25	1,90	2,0	12,1	1,25	1,75	2,0	4,4	53
21	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	1,75	2,0	4,4	84
22	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
23	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
24	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
25	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	2,0	2,0	5,0	51
26	1,8	1,50	1,6	1,25	3,0	16,2	1,25	1,75	2,0	4,4	71
27	1,8	1,50	1,25	1,0	2,0	6,8	1,25	1,75	2,0	4,4	30
28	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
29	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
30	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.3 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR LARANJA

SETOR LARANJA											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	1,75	2,0	4,4	84
2	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	1,75	2,0	4,4	84
3	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	2,0	4,4	71
4	1,6	1,50	1,25	1,90	2,0	11,4	1,25	1,75	2,0	4,4	50
5	1,7	1,50	1,25	1,90	3,0	18,2	1,25	1,75	2,0	4,4	79
6	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	1,75	2,0	4,4	84
7	1,9	1,50	1,25	1,60	3,0	17,1	1,25	2,0	2,0	5,0	86
8	1,9	1,50	1,25	1,90	3,0	20,3	1,25	2,0	2,0	5,0	102
9	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	2,0	2,0	5,0	67
10	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	1,75	2,0	4,4	58
11	1,6	1,50	1,25	1,90	2,0	11,4	1,25	2,0	2,0	5,0	57
12	1,6	1,50	1,25	1,60	2,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
13	1,6	1,50	1,25	1,60	2,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
14	1,9	1,50	1,25	1,60	3,0	17,1	1,25	2,0	2,0	5,0	86
15	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63
16	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
17	1,6	1,50	1,25	1,60	3,0	14,4	1,25	2,0	2,0	5,0	72
18	1,8	1,50	1,25	1,60	2,0	10,8	1,25	2,0	2,0	5,0	54
19	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
20	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	2,0	1,50	3,8	57
21	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	2,0	2,0	5,0	67
22	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	1,50	3,3	53
23	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	1,50	3,3	23
24	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
25	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
26	1,6	1,50	1,25	1,25	3,0	11,3	1,25	1,75	2,0	4,4	49
27	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	2,0	2,0	5,0	67
28	1,3	1,50	1,25	1,25	2,0	6,1	1,25	1,75	2,0	4,4	27
29	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	2,0	2,0	5,0	67
30	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.4 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR VERMELHO

SETOR VERMELHO											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,6	1,50	1,25	1,25	3,0	11,3	1,25	1,75	1,50	3,3	37
2	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	1,50	3,3	25
3	1,5	1,50	1,25	1,25	3,0	10,5	1,25	1,75	1,50	3,3	35
4	1,7	1,50	1,0	1,25	2,0	6,4	1,25	1,75	1,50	3,3	21
5	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	1,75	1,50	3,3	18
6	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	2,0	1,50	3,8	26
7	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	1,50	3,3	23
8	1,4	1,50	1,25	1,25	2,0	6,6	1,25	1,75	1,50	3,3	22
9	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	1,50	3,3	23
10	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
11	1,3	1,50	1,25	1,25	2,0	6,1	1,25	1,75	1,50	3,3	20
12	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	1,50	3,3	31
13	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	1,50	3,3	33
14	1,3	1,50	1,25	1,0	2,0	4,9	1,25	1,75	1,50	3,3	16
15	1,8	1,50	1,25	1,0	2,0	6,8	1,25	1,75	1,50	3,3	22
16	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	1,50	3,3	20
17	1,5	1,50	1,25	1,0	3,0	8,4	1,25	1,75	1,50	3,3	28
18	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	2,0	4,4	33
19	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	1,75	1,50	3,3	18
20	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
21	1,7	1,50	1,25	1,25	2,0	8,0	1,25	1,75	2,0	4,4	35
22	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	1,75	2,0	4,4	33
23	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	1,50	3,3	23
24	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
25	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	1,50	3,3	39
26	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	1,50	3,3	33
27	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	1,50	3,3	33
28	1,5	1,50	1,25	1,0	3,0	8,4	1,25	1,75	2,0	4,4	37
29	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	1,50	3,3	31
30	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	1,75	1,50	3,3	18

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.5 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR AZUL

SETOR AZUL											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
2	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
3	1,7	1,50	1,25	1,0	2,0	6,4	1,25	1,75	2,0	4,4	28
4	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	2,0	2,0	5,0	96
5	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63
6	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	2,0	1,50	3,8	45
7	1,8	1,50	1,0	1,0	3,0	8,1	1,25	1,75	2,0	4,4	35
8	1,7	1,50	1,25	1,90	3,0	18,2	1,25	1,75	2,0	4,4	79
9	1,8	1,50	1,25	1,25	2,0	8,4	1,25	2,0	2,0	5,0	42
10	1,6	1,50	1,25	1,0	2,0	6,0	1,25	1,75	2,0	4,4	26
11	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	1,75	2,0	4,4	25
12	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
13	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	2,0	4,4	42
14	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
15	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	2,0	4,4	71
16	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	2,0	4,4	31
17	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
18	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	1,75	2,0	4,4	67
19	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
20	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
21	1,6	1,50	1,25	1,25	2,0	7,5	1,25	2,0	2,0	5,0	38
22	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
23	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	2,0	2,0	5,0	60
24	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	1,75	2,0	4,4	67
25	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
26	1,6	1,50	1,25	1,25	3,0	11,3	1,25	1,75	2,0	4,4	49
27	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	1,50	3,3	42
28	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	2,0	2,0	5,0	60
29	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	2,0	2,0	5,0	51
30	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	2,0	2,0	5,0	60

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.6 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR ROXO

SETOR ROXO											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,4	1,50	1,25	1,25	2,0	6,6	1,25	2,0	2,0	5,0	33
2	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
3	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	1,75	2,0	4,4	58
4	1,6	1,50	1,25	1,60	3,0	14,4	1,25	1,75	2,0	4,4	63
5	1,9	1,50	1,25	1,60	3,0	17,1	1,25	1,75	2,0	4,4	75
6	1,9	1,50	1,25	1,90	3,0	20,3	1,25	2,0	2,0	5,0	102
7	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	2,0	2,0	5,0	77
8	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	2,0	2,0	5,0	96
9	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
10	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
11	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63
12	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	2,0	2,0	5,0	35
13	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	1,75	2,0	4,4	58
14	1,6	1,50	1,25	1,60	2,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
15	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	2,0	2,0	5,0	35
16	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	2,0	2,0	5,0	35
17	1,9	1,50	1,25	1,0	3,0	10,7	1,25	2,0	2,0	5,0	53
18	1,9	1,50	1,25	1,90	3,0	20,3	1,25	1,75	2,0	4,4	89
19	1,9	1,50	1,25	1,90	3,0	20,3	1,25	2,0	2,0	5,0	102
20	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	1,75	2,0	4,4	84
21	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	2,0	2,0	5,0	60
22	1,6	1,50	1,25	1,25	3,0	11,3	1,25	2,0	2,0	5,0	56
23	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
24	1,5	1,50	1,25	1,25	3,0	10,5	1,25	2,0	2,0	5,0	53
25	1,6	1,50	1,25	1,60	3,0	14,4	1,25	1,75	2,0	4,4	63
26	1,9	1,50	1,25	1,0	3,0	10,7	1,25	1,75	2,0	4,4	47
27	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63
28	1,6	1,50	1,25	1,0	3,0	9,0	1,25	2,0	2,0	5,0	45
29	1,6	1,50	1,25	1,0	3,0	9,0	1,25	2,0	2,0	5,0	45
30	1,6	1,50	1,25	1,25	3,0	11,3	1,25	1,75	2,0	4,4	49

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.7 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR MARROM

SETOR MARROM											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
2	1,5	1,50	1,25	1,0	2,0	5,6	1,25	1,75	2,0	4,4	25
3	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63
4	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	2,0	2,0	5,0	60
5	1,3	1,50	1,25	1,0	2,0	4,9	1,25	2,0	2,0	5,0	24
6	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	2,0	2,0	5,0	51
7	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	2,0	2,0	5,0	51
8	1,6	1,50	1,25	1,60	2,0	9,6	1,25	2,0	2,0	5,0	48
9	1,8	1,50	1,25	1,90	3,0	19,2	1,25	1,75	2,0	4,4	84
10	1,9	1,50	1,25	1,60	3,0	17,1	1,25	1,75	2,0	4,4	75
11	1,5	1,50	1,25	1,90	2,0	10,7	1,25	1,75	2,0	4,4	47
12	1,6	1,50	1,25	1,60	3,0	14,4	1,25	2,0	2,0	5,0	72
13	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	1,75	2,0	4,4	55
14	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	2,0	4,4	31
15	1,5	1,50	1,25	1,90	2,0	10,7	1,25	1,75	2,0	4,4	47
16	1,7	1,50	1,25	1,90	3,0	18,2	1,25	2,0	2,0	5,0	91
17	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	1,75	2,0	4,4	67
18	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	2,0	2,0	5,0	67
19	1,7	1,50	1,25	1,90	3,0	18,2	1,25	1,75	2,0	4,4	79
20	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
21	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63
22	1,5	1,50	1,25	1,60	2,0	9,0	1,25	2,0	2,0	5,0	45
23	1,7	1,50	1,25	1,90	3,0	18,2	1,25	2,0	2,0	5,0	91
24	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	2,0	4,4	31
25	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	2,0	2,0	5,0	77
26	1,6	1,50	1,25	1,25	3,0	11,3	1,25	1,75	2,0	4,4	49
27	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	2,0	2,0	5,0	81
28	1,7	1,50	1,25	1,60	3,0	15,3	1,25	2,0	2,0	5,0	77
29	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	2,0	4,4	71
30	1,8	1,50	1,25	1,25	3,0	12,7	1,25	2,0	2,0	5,0	63

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.8 – CÁLCULO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO, RISCO DE ATIVAÇÃO E RISCO GLOBAL – SETOR ROSA

SETOR ROSA											
EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO							RISCO DE ATIVAÇÃO				RISCO
Edificação	f1	f2	f3	f4	f5	E	A1	A2	A3	A	R
1	1,7	1,50	1,25	1,25	3,0	12,0	1,25	1,75	2,0	4,4	52
2	1,4	1,50	1,0	1,0	2,0	4,2	1,25	1,75	2,0	4,4	18
3	1,5	1,50	1,0	1,25	2,0	5,6	1,25	1,75	2,0	4,4	25
4	1,6	1,50	1,0	1,60	3,0	11,5	1,25	2,0	2,0	5,0	58
5	1,6	1,50	1,0	1,25	2,0	6,0	1,25	2,0	2,0	5,0	30
6	1,5	1,50	1,0	1,0	2,0	4,5	1,25	1,75	1,50	3,3	15
7	1,8	1,50	1,0	1,0	3,0	8,1	1,25	2,0	2,0	5,0	41
8	1,3	1,50	1,0	1,0	2,0	3,9	1,25	1,75	2,0	4,4	17
9	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	1,50	3,3	33
10	1,6	1,50	1,0	1,25	3,0	9,0	1,25	1,75	1,50	3,3	30
11	1,8	1,50	1,0	1,25	3,0	10,1	1,25	1,75	1,50	3,3	33
12	1,6	1,50	1,0	1,0	3,0	7,2	1,25	2,0	2,0	5,0	36
13	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	2,0	4,4	71
14	1,9	1,50	1,25	1,0	3,0	10,7	1,25	1,75	2,0	4,4	47
15	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	2,0	2,0	5,0	51
16	1,8	1,50	1,25	1,60	3,0	16,2	1,25	1,75	1,50	3,3	53
17	1,9	1,50	1,0	1,0	3,0	8,6	1,25	1,75	2,0	4,4	37
18	1,5	1,50	1,0	1,0	2,0	4,5	1,25	1,75	1,50	3,3	15
19	1,4	1,50	1,25	1,0	2,0	5,3	1,25	1,75	1,50	3,3	17
20	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	2,0	1,50	3,8	36
21	1,8	1,50	1,25	1,0	3,0	10,1	1,25	1,75	2,0	4,4	44
22	1,9	1,50	1,25	1,25	3,0	13,4	1,25	2,0	2,0	5,0	67
23	1,9	1,50	1,25	1,60	3,0	17,1	1,25	1,75	2,0	4,4	75
24	1,7	1,50	1,25	1,0	3,0	9,6	1,25	1,75	1,50	3,3	31
25	1,5	1,50	1,0	1,25	2,0	5,6	1,25	1,75	1,50	3,3	18
26	1,4	1,50	1,25	1,25	2,0	6,6	1,25	2,0	2,0	5,0	33
27	1,5	1,50	1,25	1,25	2,0	7,0	1,25	1,75	2,0	4,4	31
28	1,8	1,50	1,0	1,60	3,0	13,0	1,25	1,75	2,0	4,4	57
29	1,6	1,50	1,0	1,0	3,0	7,2	1,25	2,0	2,0	5,0	36
30	1,6	1,50	1,0	1,0	3,0	7,2	1,25	1,75	2,0	4,4	32

Fonte: BARANOSKI, 2008

TABELA 7.9 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR AMARELO

SETOR AMARELO					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	42	0,024	0,229	19	0,514
2	32	0,032	0,305	18	0,546
3	16	0,063	0,600	7	1,344
4	44	0,023	0,217	19	0,514
5	48	0,021	0,201	19	0,514
6	17	0,058	0,557	10	0,936
7	26	0,038	0,364	14	0,699
8	21	0,047	0,455	11	0,874
9	67	0,015	0,143	30	0,321
10	48	0,021	0,201	19	0,514
11	42	0,024	0,231	23	0,411
12	30	0,034	0,325	18	0,546
13	31	0,032	0,306	19	0,514
14	42	0,024	0,231	23	0,411
15	50	0,020	0,191	30	0,321
16	18	0,054	0,520	11	0,874
17	20	0,051	0,488	11	0,874
18	20	0,051	0,488	11	0,874
19	31	0,032	0,306	19	0,514
20	55	0,018	0,173	23	0,411
21	42	0,024	0,231	23	0,411
22	30	0,034	0,325	18	0,546
23	42	0,024	0,229	19	0,514
24	52	0,019	0,184	23	0,411
25	38	0,027	0,256	14	0,699
26	37	0,027	0,260	16	0,617
27	28	0,036	0,347	16	0,617
28	51	0,020	0,188	20	0,482
29	33	0,030	0,289	19	0,514
30	20	0,051	0,488	11	0,874
Média	36	0,032	0,311	18	0,607

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (**atual**) = Coeficiente de segurança atual

γ (**MS**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (**MS+MR**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.10 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR VERDE

SETOR VERDE					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	33	0,030	0,293	14	0,699
2	35	0,029	0,275	14	0,699
3	52	0,019	0,184	23	0,411
4	55	0,018	0,173	23	0,411
5	58	0,017	0,164	23	0,411
6	35	0,029	0,274	21	0,460
7	39	0,025	0,244	18	0,546
8	58	0,017	0,164	23	0,411
9	86	0,012	0,112	30	0,321
10	33	0,030	0,293	14	0,699
11	21	0,048	0,459	11	0,874
12	44	0,023	0,217	19	0,514
13	22	0,046	0,446	13	0,749
14	26	0,038	0,366	11	0,874
15	39	0,025	0,244	18	0,546
16	33	0,030	0,293	14	0,699
17	26	0,038	0,366	11	0,874
18	71	0,014	0,135	28	0,341
19	33	0,030	0,293	14	0,699
20	53	0,019	0,181	24	0,406
21	84	0,012	0,114	35	0,271
22	52	0,019	0,184	23	0,411
23	55	0,018	0,173	23	0,411
24	55	0,018	0,173	23	0,411
25	51	0,020	0,190	19	0,514
26	71	0,014	0,135	30	0,321
27	30	0,034	0,325	11	0,874
28	44	0,023	0,217	19	0,514
29	81	0,012	0,119	30	0,321
30	55	0,018	0,173	23	0,411
Média	48	0,024	0,233	20	0,537

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (**atual**) = Coeficiente de segurança atual

γ (**MS**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (**MS+MR**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.11 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA – SETOR LARANJA

SETOR LARANJA					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	84	0,012	0,114	33	0,287
2	84	0,012	0,114	35	0,271
3	71	0,014	0,135	30	0,321
4	50	0,020	0,192	21	0,460
5	79	0,013	0,121	35	0,271
6	84	0,012	0,114	35	0,271
7	86	0,012	0,112	30	0,321
8	102	0,010	0,095	35	0,271
9	67	0,015	0,144	23	0,411
10	58	0,017	0,164	23	0,411
11	57	0,018	0,168	21	0,460
12	42	0,024	0,229	18	0,546
13	48	0,021	0,200	18	0,546
14	86	0,012	0,112	30	0,321
15	63	0,016	0,152	23	0,411
16	52	0,019	0,184	22	0,437
17	72	0,014	0,133	28	0,341
18	54	0,019	0,178	18	0,546
19	42	0,024	0,231	23	0,411
20	57	0,017	0,167	28	0,341
21	67	0,015	0,144	23	0,411
22	53	0,019	0,181	30	0,321
23	23	0,043	0,416	14	0,699
24	81	0,012	0,119	30	0,321
25	81	0,012	0,119	30	0,321
26	49	0,020	0,195	21	0,466
27	67	0,015	0,144	23	0,411
28	27	0,038	0,360	12	0,807
29	67	0,015	0,144	23	0,411
30	55	0,018	0,173	23	0,411
Média	64	0,018	0,168	25	0,408

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (**atual**) = Coeficiente de segurança atual

γ (**MS**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (**MS+MR**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.12 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR VERMELHO

SETOR VERMELHO					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	37	0,027	0,260	21	0,466
2	25	0,041	0,390	14	0,699
3	35	0,029	0,277	21	0,466
4	21	0,048	0,459	12	0,819
5	18	0,054	0,520	11	0,874
6	26	0,038	0,364	14	0,699
7	23	0,043	0,416	14	0,699
8	22	0,046	0,446	13	0,749
9	23	0,043	0,416	14	0,699
10	42	0,024	0,229	18	0,546
11	20	0,050	0,480	12	0,807
12	31	0,032	0,306	19	0,514
13	33	0,030	0,289	19	0,514
14	16	0,063	0,600	10	1,008
15	22	0,045	0,433	12	0,771
16	20	0,051	0,488	11	0,874
17	28	0,036	0,347	16	0,583
18	33	0,030	0,293	14	0,699
19	18	0,054	0,520	11	0,874
20	42	0,024	0,231	23	0,411
21	35	0,029	0,275	16	0,617
22	33	0,030	0,293	14	0,699
23	23	0,043	0,416	14	0,699
24	42	0,024	0,231	23	0,411
25	39	0,025	0,245	23	0,411
26	33	0,030	0,289	19	0,514
27	33	0,030	0,289	19	0,514
28	37	0,027	0,260	16	0,583
29	31	0,032	0,306	19	0,514
30	18	0,054	0,520	11	0,874
Média	29	0,038	0,363	16	0,654

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual **γ (atual)** = Coeficiente de segurança atual **γ (MS)** = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança**R (MR)** = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio **γ (MS+MR)** = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.13 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR AZUL

SETOR AZUL					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	42	0,024	0,229	18	0,546
2	42	0,024	0,229	19	0,514
3	28	0,036	0,344	11	0,874
4	96	0,010	0,100	35	0,271
5	63	0,016	0,152	23	0,411
6	45	0,022	0,214	22	0,437
7	35	0,028	0,271	14	0,683
8	79	0,013	0,121	35	0,271
9	42	0,024	0,228	14	0,699
10	26	0,038	0,366	11	0,874
11	25	0,041	0,390	11	0,874
12	44	0,023	0,217	19	0,514
13	42	0,024	0,229	19	0,514
14	48	0,021	0,201	19	0,514
15	71	0,014	0,135	30	0,321
16	31	0,033	0,312	14	0,699
17	44	0,023	0,217	19	0,514
18	67	0,015	0,143	28	0,341
19	81	0,012	0,119	30	0,321
20	48	0,021	0,201	18	0,546
21	38	0,027	0,256	14	0,699
22	52	0,019	0,184	23	0,411
23	60	0,017	0,161	22	0,437
24	67	0,015	0,143	28	0,341
25	44	0,023	0,217	19	0,514
26	49	0,020	0,195	21	0,466
27	42	0,024	0,231	23	0,411
28	60	0,017	0,161	23	0,411
29	51	0,020	0,190	19	0,514
30	60	0,017	0,161	23	0,411
Média	51	0,022	0,211	21	0,512

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (**atual**) = Coeficiente de segurança atual

γ (**MS**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (**MS+MR**) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.14 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR ROXO

SETOR ROXO					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	33	0,030	0,293	13	0,749
2	81	0,012	0,119	30	0,321
3	58	0,017	0,164	23	0,411
4	63	0,016	0,152	28	0,341
5	75	0,013	0,128	30	0,321
6	102	0,010	0,095	35	0,271
7	77	0,013	0,125	30	0,321
8	96	0,010	0,100	35	0,271
9	55	0,018	0,173	23	0,411
10	52	0,019	0,184	21	0,466
11	63	0,016	0,152	23	0,411
12	35	0,028	0,273	14	0,699
13	58	0,017	0,164	23	0,411
14	48	0,021	0,200	18	0,546
15	35	0,028	0,273	14	0,699
16	35	0,028	0,273	14	0,699
17	53	0,019	0,180	19	0,514
18	89	0,011	0,108	35	0,271
19	102	0,010	0,095	35	0,271
20	84	0,012	0,114	35	0,271
21	60	0,017	0,161	23	0,411
22	56	0,018	0,171	22	0,437
23	55	0,018	0,173	23	0,411
24	53	0,019	0,182	21	0,466
25	63	0,016	0,152	28	0,341
26	47	0,021	0,205	19	0,514
27	63	0,016	0,152	23	0,411
28	45	0,022	0,213	18	0,546
29	45	0,022	0,213	18	0,546
30	49	0,020	0,195	22	0,437
Média	61	0,018	0,173	24	0,440

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (atual) = Coeficiente de segurança atual

γ (MS) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (MS+MR) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.15 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR ROXO

SETOR MARROM					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	44	0,023	0,217	19	0,514
2	25	0,041	0,390	11	0,874
3	63	0,016	0,152	23	0,411
4	60	0,017	0,161	23	0,411
5	24	0,041	0,394	10	1,008
6	51	0,020	0,190	18	0,546
7	51	0,020	0,190	19	0,514
8	48	0,021	0,200	18	0,546
9	84	0,012	0,114	35	0,271
10	75	0,013	0,128	30	0,321
11	47	0,021	0,205	21	0,460
12	72	0,014	0,133	28	0,341
13	55	0,018	0,173	23	0,411
14	31	0,033	0,312	14	0,699
15	47	0,021	0,205	21	0,460
16	91	0,011	0,106	35	0,271
17	67	0,015	0,143	30	0,321
18	67	0,015	0,144	23	0,411
19	79	0,013	0,121	35	0,271
20	81	0,012	0,119	30	0,321
21	63	0,016	0,152	23	0,411
22	45	0,022	0,213	18	0,546
23	91	0,011	0,106	35	0,271
24	31	0,033	0,312	14	0,699
25	77	0,013	0,125	28	0,341
26	49	0,020	0,195	22	0,437
27	81	0,012	0,119	30	0,321
28	77	0,013	0,125	30	0,321
29	71	0,014	0,135	30	0,321
30	63	0,016	0,152	23	0,411
Média	60	0,019	0,181	24	0,449

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (atual) = Coeficiente de segurança atual

γ (MS) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (MS+MR) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.16 – CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SEGURANÇA - SETOR ROSA

SETOR ROSA					
Edificação	R	γ (atual)	γ (MS)	R (MR)	γ (MS+MR)
1	52	0,019	0,184	22	0,437
2	18	0,054	0,522	8	1,170
3	25	0,041	0,390	11	0,874
4	58	0,017	0,167	23	0,427
5	30	0,033	0,320	11	0,874
6	15	0,068	0,650	9	1,092
7	41	0,025	0,237	15	0,643
8	17	0,059	0,563	8	1,260
9	33	0,030	0,289	19	0,514
10	30	0,034	0,325	18	0,546
11	33	0,030	0,289	19	0,514
12	36	0,028	0,267	14	0,683
13	71	0,014	0,135	30	0,321
14	47	0,021	0,205	19	0,514
15	51	0,020	0,190	19	0,514
16	53	0,019	0,181	30	0,321
17	37	0,027	0,257	15	0,643
18	15	0,068	0,650	9	1,092
19	17	0,058	0,557	10	0,936
20	36	0,028	0,268	19	0,514
21	44	0,023	0,217	19	0,514
22	67	0,015	0,144	23	0,411
23	75	0,013	0,128	30	0,321
24	31	0,032	0,306	18	0,546
25	18	0,054	0,520	11	0,874
26	33	0,030	0,293	13	0,749
27	31	0,033	0,312	14	0,699
28	57	0,018	0,169	24	0,402
29	36	0,028	0,267	14	0,683
30	32	0,032	0,305	12	0,809
Média	38	0,032	0,310	17	0,663

Fonte: BARANOSKI, 2008

Legenda:

R = Risco Global de Incêndio atual

γ (atual) = Coeficiente de segurança atual

γ (MS) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança

R (MR) = Risco Global de Incêndio após a implantação das medidas de exposição ao risco de incêndio

γ (MS+MR) = Coeficiente de segurança após a implantação das medidas de segurança e de redução da exposição ao risco de incêndio

TABELA 7.17 – EXEMPLO DE TABELA UTILIZADA PARA A TABULAÇÃO DOS DADOS LEVANTADOS

13		Área (m²)	57,0	Altura	Térrea	Setor	
Proprietário/Ocupante		Ludi Cordeiro Zanetti					
Localização		Avenida Orquídeas, 41					
Ocupação		Residencial		Quadra	24	Lote	8
Tipo de Construção		Madeira		Generalização		IV	
Dimensões do lote (m)		Frente		13,0	Profundidade		44,0
Afastamentos (m)		Direita	0,0	Esquerda	5,0	Fundos	22,0
Estrutura do telhado		Madeira		Cobertura		Fibrocimento	
Número de ocupantes		5		Crianças	2	PNE	0
Treinamento para combate		Não		Estado de atenção		Não alerta	
Uso de velas	Não	Uso de chamas		Não	Uso de Comb/Inf.		Não
Instalação elétrica externa		Concessionária		Interna		Boas	
GLP	02 P-13 kg	Interna		Condição		Boas	
Distância do CB (km)		2,5		Vias de acesso		Boas	
Condições de Acesso		Fácil		N° de lados		3	
Segurança contra incêndio		Não		Carga de incêndio		2.326.00 MJ/m2	

TABELA 7.18 – EXEMPLO DE TABELA UTILIZADA PARA O CÁLCULO DO RISCO GLOBAL DE INCÊNDIO

Análise Global de Risco de Incêndio - Guarituba - Piraquara/Paraná					
13					
Identificação da edificação					
Quadra	24	Lote	8	Sector	Amarelo
Endereço	Avenida Orquídeas, 41				
Tipo	Madeira	Área	57,0		
Cálculo do Risco (E)					
Densidade da carga de incêndio (MJ/m ²)		q	2326	f1	1,7
Altura do compartimento (m)		H	H≤6,0	f2	1,50
Distância do CB (km)		S	2,5	f3	1,25
Condições de acesso		D	Fácil	f4	1,0
Perigo de generalização			IV	f5	3,0
				E	9,6
Cálculo do Fator de Ativação (A)					
Ocupação	Falha Humana	Instalações	Risco de Ativação		
A1	1,25	A2	1,75	A3	1,50
				A	3,3
Cálculo do Risco Global de Incêndio (RGI)					
R = E . A		31			

TABELA 7.19 – EXEMPLO DE CÁLCULO DA DENSIDADE DA CARGA DE INCÊNDIO – EDIFICAÇÃO DE MADEIRA

Identificação no projeto	Ocupação	Área (m ²)	Pé-direito	Quadra	Lote	Compartimento	Setor
	Residencial	57,00	2,8	15	7	Único	

ITEM	DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO	QTDE	VOLUME TOTAL DOS MATERIAIS (m ³)				
			MADEIRA	ESPUMA	PAPEL	PLÁSTICO	TECIDO
1	Portas de madeira	6	0,252				
3	Cama de madeira solteiro	3	0,102				
4	Cama madeira casal	1	0,076				
5	Guarda-roupa de madeira compensada 3 portas	2	0,054				
6	Guarda-roupa de madeira compensada 5 portas	1	0,045				
7	Criado mudo	2	0,024				
8	Cômoda em madeira	1	0,032				
9	Baú de madeira	1	0,015				
10	Estante de madeira	1	0,054				
11	Mesa de madeira	1	0,038				
12	Cadeiras em madeira com palha	6	0,056				
13	Cadeira almofadada (computador)	1	0,002	0,008			
14	Escrivaninha	1	0,027				
15	Aramário de pia em madeira	1	0,026				
16	Armário de madeira	2	0,234				
17	Prateleira de madeira	1	0,037				
18	Banco de madeira	2	0,028				
19	Colchão de espuma solteiro	3		0,068			
20	Colchão de espuma casal	1		0,046			
21	Volume de plástico	-				0,300	
22	Volume de tecidos	-					1,250
23	Volume de papel	-			0,700		
TOTAL (m ³):			1,102	0,122	0,700	0,300	1,250

MATERIAL	VOLUME TOTAL (m ³)	DENSIDADE ESPECÍFICA (kg/m ³)	PESO CALCULADO DOS MATERIAIS (kg)	PODER CALORÍFICO (MJ/kg)	ENERGIA LIBERADA (MJ)
MADEIRA	1,102	800,00	881,60	19,00	16.750,40
ESPUMA	0,122	30,00	3,66	44,00	161,04
PAPEL	0,700	800,00	560,00	19,00	10.640,00
PLÁSTICO	0,300	200,00	60,00	44,00	2.640,00
TECIDO	1,250	300,00	375,00	19,00	7.125,00
				TOTAL (MJ):	37.316,44

ITEM	DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS - ELETRÔNICOS / MOBÍLIA	QTDE	PESO DOS EQUIPAMENTOS (kg)	PODER CALORÍFICO (MJ/kg)	ENERGIA LIBERADA (MJ)
24	Sofá 2 lugares estofado com tecido	1	-	-	904,00
25	Sofá 3 lugares estofado em tecido	1	-	-	983,00
26	Aparelho de som	1	15,00	20,16	302,40
27	Máquina de lavar roupas	1	70,00	32,30	2.261,00
28	Aparelho de DVD	1	4,00	21,00	84,00
29	TV 20"	1	17,00	20,16	342,72
30	Computador	1	-	-	491,75
31	Forno de microondas	1	19,50	28,10	547,95
32	Geladeira	1	70,00	28,10	1.967,00
				TOTAL (MJ):	7.883,82

ITEM	DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO	QTDE	ÁREA DO CÔMODO (m ²)	PODER CALORÍFICO (MJ/m ²)	ENERGIA LIBERADA (MJ)
33	Piso de madeira	-	51,00	456,00	23.256,00
34	Telhado/Forro de madeira	-	57,00	285,00	16.245,00

ITEM	DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO	QTDE	ÁREA DE PAREDE (m ²)	PODER CALORÍFICO (MJ/m ²)	ENERGIA LIBERADA (MJ)
35	Paredes de madeira	-	126,00	380,00	47.880,00

ENERGIA TOTAL LIBERADA (MJ):				132.581,26
DENSIDADE DA CARGA DE INCÊNDIO (MJ/m ²):				2.325,99

TABELA 7.20 – FORMULÁRIO UTILIZADO PARA O LEVANTAMENTO DE DADOS



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO EM ASSENTAMENTOS URBANOS PRECÁRIOS –
DIAGNÓSTICO DA REGIÃO DO GUARITUBA
PIRAQUARA/PR**

1. DESCRIÇÃO DO IMÓVEL

DADOS DA EDIFICAÇÃO					
IDENTIFICAÇÃO NO PROJETO		Setor	Quadra	Lote	Edificação
Endereço:					Nº
Proprietário/Residente:					
Contato:					
Ocupação	() residencial () comercial*		*Especificar:		
DESCRIÇÃO EXTERNA DA EDIFICAÇÃO					
Lote	Frente: m	Profundidade: m	Nº de pavimentos:		
Afastamentos	Frente: m	Direita: m	Esquerda: m	Fundos: m	
O lote possui declividades? () sim () não					
Especificar:					
Estrutura da cobertura		() Madeira () Outra	Especificar:		
Tipo do telhado	() Cerâmica () Fibrocimento () Outro		Especificar:		
Estado de conservação do telhado		() Ruim () Bom () Ótimo			
Possibilidade de propagação de fogo pelos telhados das edificações adjacentes?			() Leve () Moderado () Elevado		
Especificar:					
OBSERVAÇÕES					

3. OPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

OCUPANTES			
Nº de ocupantes da edificação:		Obs.:	
Escolaridade predominante	() Não alfabetizado () Fundamental () Médio () Superior		
Portadores de necessidades especiais	() sim () não	Quantos:	
Crianças de 0 a 6 anos	() sim () não	Quantos:	
Com quem ficam (Portadores e/ou crianças)?			
Treinamento para agir em caso de incêndio	() sim () não	Nº de pessoas:	Periodicidade:
Estado de atenção	() Alerta () medianamente alerta () não alerta		
OPERAÇÃO			
Utiliza velas?	() sim () não	Frequência:	
Especificar:			
Utiliza equipamentos com motor elétrico?	() sim () não		
Especificar:			
Manuseio de líquidos combustíveis e/ou inflamáveis?	() sim () não		
Especificar:			
Uso de chamas?	() sim () não		
Dimensão/Frequência:			
Uso de gases inflamáveis?	() sim () não		
Especificar:			
Proximidade de fontes de calor de materiais combustíveis?	() sim () não		
Especificar:			
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS			
Rede externa	() Concessionária () Rabicho		
Condição das instalações elétricas internas	() Precárias () Razoáveis () Boas		
Obs.:			
INSTALAÇÕES DE GLP			
Quantidade de recipientes:	Capacidade dos recipientes:		
Localização dos recipientes:	() Interna () Externa		
Condição da instalação:	() Precárias () Razoáveis () Boas		
Obs.:			

4. MEDIDAS DE SEGURANÇA

MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	
Possui algum tipo de medida de segurança contra incêndio?	() sim () não
Especificar:	





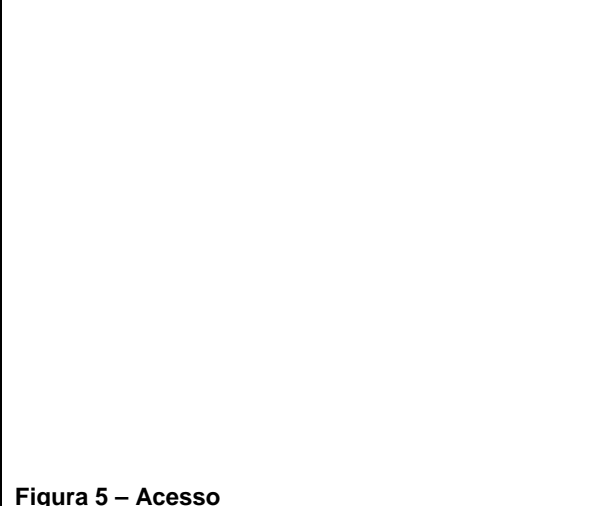
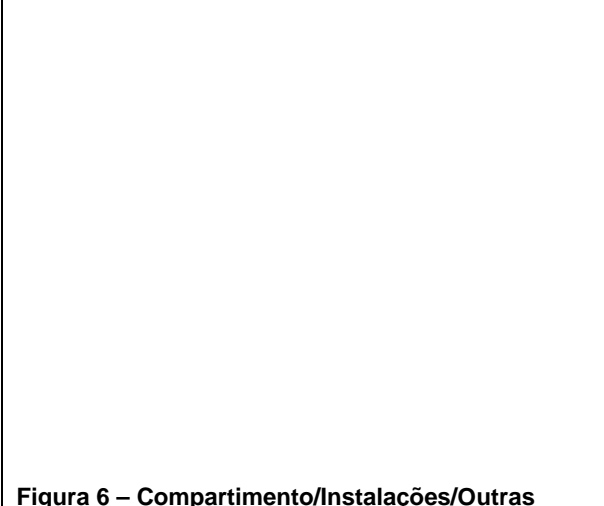
5. INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A EDIFICAÇÃO

INFORMAÇÕES GERAIS	
Distância da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima:	Km
Estimativa do tempo de resposta:	Minutos
Condições de tráfego:	() Inacessível () Ruins () Boas
Dificuldade de localização em emergência:	() Elevada () Moderada () Facilitada
Distância para o posicionamento do caminhão do Corpo de Bombeiros:	M
O proprietário tem informações sobre incêndios ocorridos na região?	() sim () não
Descrever (datas, circunstâncias especiais):	
OBSERVAÇÕES	

Data:

Responsável pelo levantamento:

6. FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIAS	
	
Figura 1 – Fachada	Figura 2 – Fundos
	
Figura 3 – Lateral direita	Figura 4 – Lateral esquerda
	
Figura 5 – Acesso	Figura 6 – Compartimento/Instalações/Outras

ANEXO “A”

TIPOS DE MOBÍLIA

- 1) Camas de madeira, solteiro com colchão de espuma
- 2) Camas de madeira, casal com colchão de espuma
- 3) Guarda-roupa, 2 portas, madeira compensada
- 4) Guarda-roupa, 3 portas, madeira compensada
- 5) Guarda-roupa, 4 portas, madeira compensada
- 6) Guarda-roupa, 6 portas, madeira compensada
- 7) Guarda-roupa, 2 portas, madeira maciça
- 8) Guarda-roupa, 4 portas, madeira maciça
- 9) Guarda-roupa, 6 portas, madeira maciça
- 10) Mesas de jantar – material
- 11) Mesa tipo escrivaninha, 3, 4 ou 6 gavetas, madeira compensada
- 12) Mesa tipo escrivaninha, 3, 4 ou 6 gavetas, madeira maciça
- 13) Cadeira simples de madeira maciça sem estofamento
- 14) Cadeira simples de madeira estofada
- 15) Cadeira de madeira com assento em couro
- 16) Cadeira de madeira com assento em curvin
- 17) Cadeira de madeira com assento em plástico
- 18) Cadeira de aço com assento estofado
- 19) Cadeira de plástico
- 20) Aparelhos de TV (identificar o tamanho)
- 21) Cômoda de madeira compensada
- 22) Cômoda de madeira maciça
- 23) Cortinas (tecido)
- 24) Criado de madeira compensada
- 25) Criado de madeira maciça
- 26) Computador
- 27) Abajur – tecido/base de plástico
- 28) Abajur – tecido/base de metal
- 29) Estante de madeira compensada
- 30) Estante de madeira maciça
- 31) Armário de aço
- 32) Prateleira de madeira (dimensões)
- 33) Prateleira de aço
- 34) Sofá de 1 lugar (acabamento)
- 35) Sofá de 2 lugares (acabamento)
- 36) Sofá de 3 lugares (acabamento)